С. Л. Фурман

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

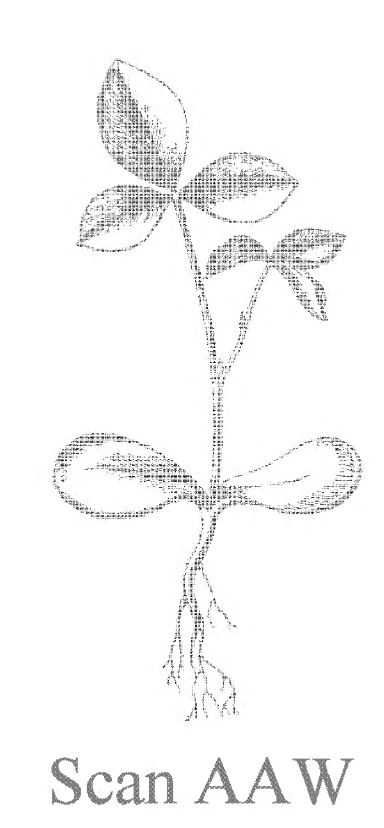
ТЕЛЕВИДЕНИЕ

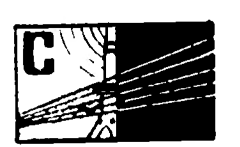
С. Л. Фурман

С. Л. Фурман

Телевидение

Одобрено Ученым советом при Государственном комитете Совета Министров СССР по профессионально-техническому образованию в качестве учебного пособия для средних профессионально-технических учебных заведений





Издательство «Связь»
Москва 1975

6Ф3
Ф95
УДК 621.397(075)

Фурман С. Л.

Ф 95 Телевидение. Учеб. пособие для средних профессионально-технических учебных заведений. М., «Связь», 1975.

264 с. с ил.

Излагаются основы черно-белого и цветного телевидения. Освещается современное состояние приемной телевизионной техники. Рассмотрены практические схемы ламповых и транзисторных телевизоров.

Книга рассчитана на учащихся профессионально-технических училищ, готовящих радиомехаников по ремонту телевизоров.

$Ф \frac{30403-085}{045(01)-75}$ 44—75 6Ф3

РЕЦЕНЗЕНТЫ:
СТАРОСЕЛЬСКИЙ Р. Е.
БЕЗРУКОВ В. Н.

© Издательство «Связь», 1975 г.

Глава 1.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

1.1. Введение

Телевидением называется такая область техники, которая обеспечивает возможность видеть изображения объектов, удаленных и оптически невидимых из данного пункта, при помощи специальных фотоэлектрических устройств и электрических каналов связи.

В основе телевидения лежат три физических процесса:

1. Преобразование световой (лучистой) энергии оптического изображения в электрические сигналы — сигналы изображения.

2. Передача и прием электрических сигналов по каналам связи.

3. Обратное преобразование электрических сигналов в оптическое изображение.

Большой вклад в решение всех трех проблем внесли русские ученые. Особенно велики заслуги А. Г. Столетова, установившего в 1888—1890 гг. основные законы внешнего фотоэлектрического эффекта, А. С. Попова — изобретателя радио, П. И. Бахметьева, предложившего в 1880 г. одновременно и независимо от португальского ученого Де-Пайва идею последовательной передачи изображения по элементам, Л. Б. Розинга, разработавшего в 1907 г. систему «катодной телескопии» с использованием электроннолучевой трубки для воспроизведения изображения и осуществившего в 1911 г. телевизионную передачу.

Работы А. А. Чернышева (1925 г.), А. П. Константинова (1930 г.), П. В. Шмакова (1933 г.), П. В. Тимофеева (1933 г.) и Г. В. Брауде (1938 г.) были положены в основу создания современных передающих трубок.

Первые опытные передачи телевизионного изображения из Москвы в Ленинград были проведены 29 апреля и 2 мая 1931 г., а с октября 1931 г. началось регулярное телевизионное вещание через московские широковещательные радиостанции.

В 1938 г. в Москве и Ленинграде начали работать телевизионные центры, которые проработали до начала второй мировой войны и дали толчок к развитию промышленной базы по выпуску телевизоров. В первые послевоенные годы были построены новые телецентры в Москве, Ленинграде, Киеве и был налажен выпуск

телевизоров, в результате чего появилась новая отрасль промышленности — телевизионная.

В настоящее время в Советском Союзе работают 297 телецентров, из них 131 программный телецентр. Общий объем телевизионного вещания в сутки составляет более 2000 ч. Более 1500 телевизионных ретрансляторов передают первую программу Центрального телевидения по территории, на которой проживает около 73% населения нашей страны.

В стране около 55 млн. телевизоров.

С 1961 г. начался международный обмен телевизионными программами Советского Союза с социалистическими странами Европы по сети «Интервидение» и с другими европейскими странами, объединенными в телевизионную сеть «Евровидение».

Специальные искусственные спутники Земли делают возможным ретрансляцию телевизионных передач на огромные расстояния.

Центральную телевизионную программу из Москвы, помимо радиорелейных и кабельных магистралей общей протяженностью около 60 тыс. км, передает в отдаленные районы страны космическая система «Орбита», насчитывающая сейчас более 50 наземных станций. Одновременно с развитием и усовершенствованием системы черно-белого телевидения в Советском Союзе проводились работы по созданию цветного телевидения, и с 1 октября 1967 г. в Москве начато цветное телевизионное вещание по совместной советско-французской системе. К 1977—1978 гг. основная часть программы Центрального телевидения будет передаваться в цвете.

Свыше четверти века телевидение использовалось только для вещания. В настоящее же время трудно найти отрасль производства, где телевидение не нашло бы применения. Телевидение используется в металлургической, угольной и нефтяной промышленности, энергетике, железнодорожном транспорте, водном транспорте, астрономии, рентгеноскопии, для наблюдений под водой, для демонстрации хирургических операций, в военном деле для специальных целей и в космических исследованиях.

В настоящее время учеными и специалистами ведутся работы по усовершенствованию систем стереоцветного телевидения, которое получит применение как в телевизионном вещании, так и в промышленности.

Современное телевидение использует достижения самых различных областей знаний: светотехники, физиологии зрения, учения о фотоэлектричестве, электровакуумной и полупроводниковой техники, техники радио и проводной связи, импульсной техники и др.

1.2. Свет и его характеристики

Видеть, а также передавать по телевидению можно лишь те предметы, которые освещены светом или сами являются его источником. Поэтому, приступая к ознакомлению с основами телевиде-

ния, необходимо, прежде всего, вспомнить некоторые элементы учения о свете.

Свет представляет собой разновидность электромагнитных колебаний. Из всего огромного диапазона существующих в природе электромагнитных волн (рис. 1. 1) лишь узенький их участок дли-

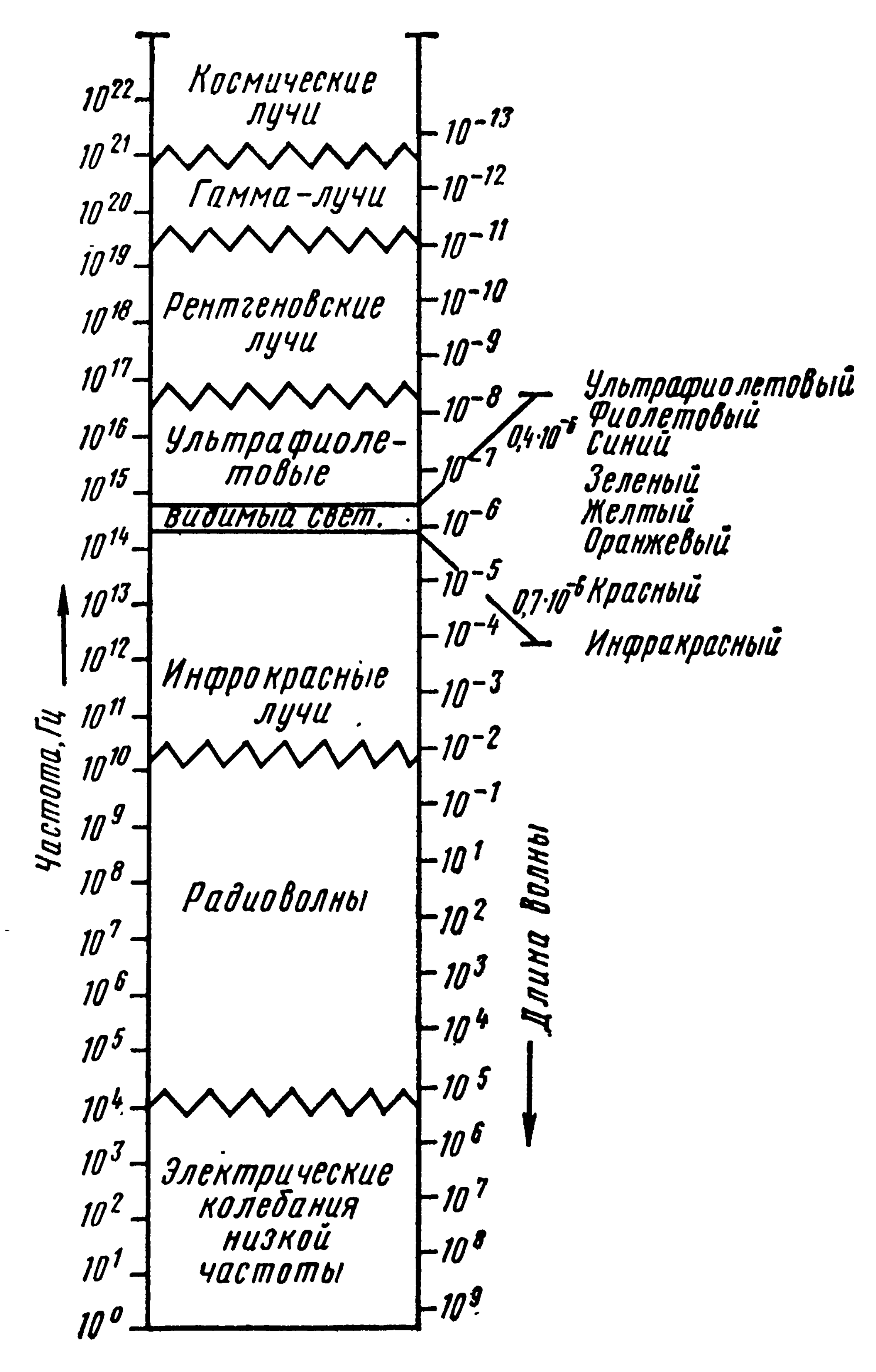


Рис. 1.1. Спектр электромагнитных колебаний

ной от 0,4 до 0,76 мкм[1] обладает способностью вызывать ощущение света. Но и в этом узком участке волн глаз ощущает свет по-разному. Во-первых, волны различной длины вызывают ощущение света различного цвета. Ниже приведены длины волн, создающие ощущение семи главных цветов.

---

[1]) Микрон (мкм) — тысячная доля миллиметра.

Длина волны, мкм. .	0,7	0,6	0,57	0,53	0,47	0,44	0,42
Цвет . . .	красный	оранжевый	желтый	зеленый	голубой	синий	фиолетовый

Во-вторых, одинаковое по мощности световое излучение в зависимости от длины волны вызывает в глазу раздражение различной силы.

Глаз обладает разной чувствительностью к различным участкам видимого спектра. На рис. 1.2 приведена кривая относительной спектральной чувствительности глаза. Из кривой видно, что глаз наиболее чувствителен к желтым лучам с длиной волны 0,555 мкм, а чувствительность глаза на волне 0,51 или 0,61 мкм уже падает вдвое.

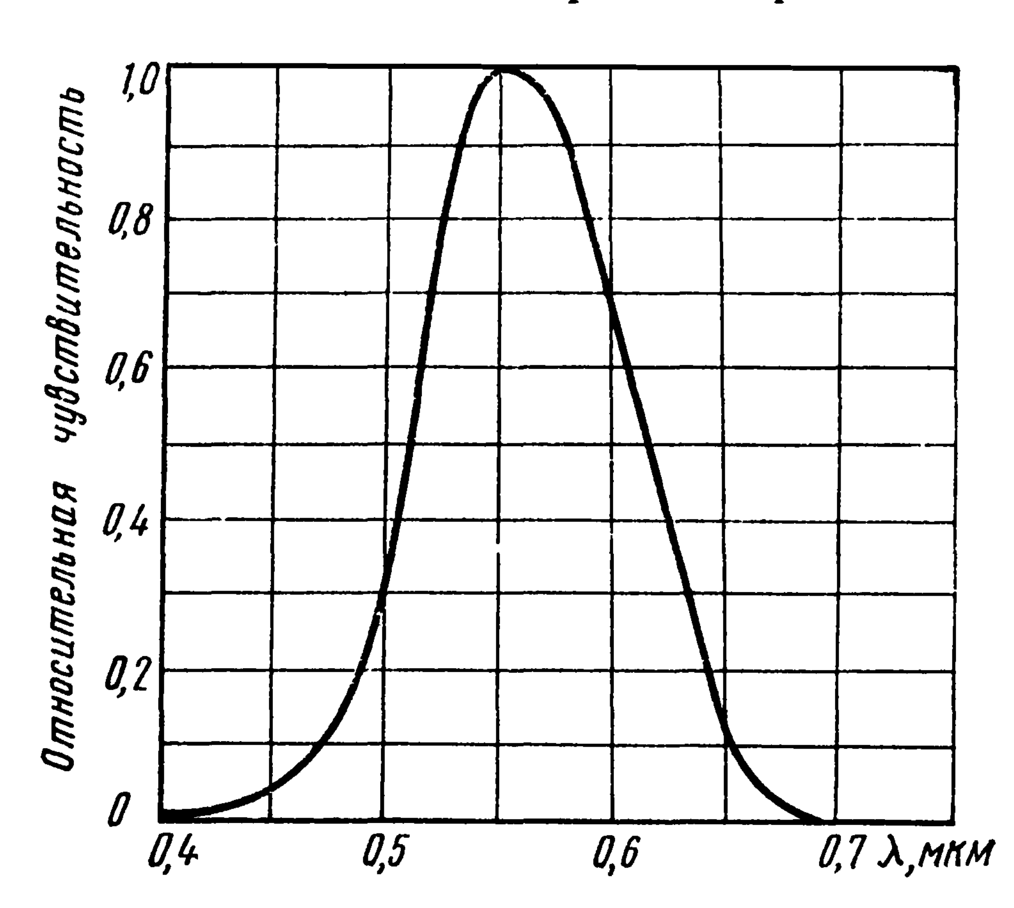


Рис. 1.2. Кривая относительной спектральной чувствительности глаза

Для характеристики световых явлений вводятся специальные понятия: световой поток, сила света, яркость, освещенность, рассеянное отражение.

Световой поток F представляет собой поток видимой глазу лучистой энергии. За единицу светового потока принимается люмен (лм). Одному ватту световой энергии, имеющей длину волны 0,555 мкм, соответствует световой поток 683 лм.

Сила света $I = \Delta E/\Delta\omega$ — это плотность светового потока по телесному углу, в пределах которого он излучается, где ΔF — световой поток, излучаемый в пределах телесного угла $\Delta\omega$. Единицей измерения силы света служит кандела (кд). Силу света в одну канделу имеет источник, равномерно излучающий в телесном угле, равном одному стерадиану, световой поток в один люмен.

Яркость $B = I/S$ — это сила света источника, излучаемая одним квадратным сантиметром его поверхности, где сила света источника I, а его поверхность S. Единицей измерения яркости служит кандела на квадратный метр (кд/м^2). Если поверхность площадью в один квадратный метр создает в нормальном направлении силу света в одну канделу, то она обладает яркостью в одну канделу на квадратный метр.

Сила света, яркость и световой поток — это характеристики источников света. Большинство окружающих нас предметов не является источниками света, а лишь отражает падающий на них свет, благодаря чему и делается видимым.

Освещенность $E = \Delta E/\Delta S$ — это плотность светового потока по

поверхности, на которую он падает, где ΔF — световой поток, попадающий на элемент поверхности ΔS. Единицей измерения служит люкс (лк). В скобках при обозначении размерностей указано их сокращенное наименование.

Световой поток, равный одному люмену, будучи равномерно распределенным по площади в один квадратный метр, создает освещенность в один люкс.

Подавляющее большинство поверхностей окружающих нас предметов производит рассеянное отражение попадающего на них света. Если на какую-нибудь поверхность падает световой поток $F_{пад}$, а рассеянно отражается поток $F_{отр}$, то отношение $F_{отр}/F_{пад}=\gamma$ называется коэффициентом рассеянного отражения. Коэффициент γ всегда меньше единицы, так как часть света неизбежно поглощается любой отражающей поверхностью. Одни вещества отражают почти весь падающий на них свет и кажутся на вид светлыми, для них γ близок к единице. Другие вещества отражают совсем мало света и кажутся нам темными, для них γ очень мал.

1.3. Устройство и свойства человеческого глаза

Общие сведения. Изучение устройства и особенностей глаза необходимо потому, что для передачи изображения на расстояние необходим «электронный глаз», который будет «просматривать» оптическое изображение и превращать его в электрические сигналы. Этот «глаз» должен быть по своей конструкции близок к человеческому глазу.

Кроме того, в телевизионной системе орган зрения является оконечным устройством, воспринимающим изображение, поэтому необходимо учитывать его свойства и характеристики.

Глаз представляет собой тело примерно шарообразной формы (глазное яблоко), заключенное в плотную непрозрачную оболочку *5* — склеру (рис. 1.3).

Передняя часть склеры прозрачна и имеет несколько более выпуклую форму. Она называется роговицей *4*. За роговицей находится радужная оболочка *1*, имеющая в середине отверстие — зрачок. Размер зрачка может изменяться в зависимости от освещенности, регулируя световой поток, попадающий в глаз.

За зрачком расположен хрусталик *2*, представляющий собой прозрачное тело, имеющее форму двояковыпуклой линзы. Пространство между роговицей и хрусталиком, называемое передней камерой *3*, заполнено водянистой влагой, а внутренность глазного яблока — студенистым прозрачным веществом — стекловидным телом *6*.

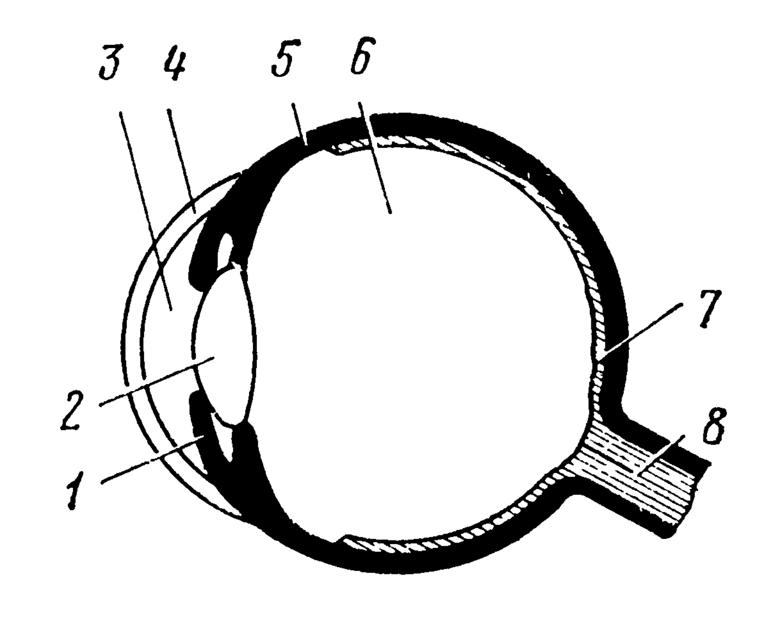


Рис. 1.3. Устройство глаза человека

Роговица, передняя камера и хрусталик образуют оптическую систему глаза.

С внутренней стороны в глазное яблоко входит зрительный нерв *8*, состоящий из большого количества (порядка миллиона) нервных волокон. Разветвляясь, нервные волокна покрывают изнутри глазное яблоко оболочкой, называемой сетчаткой *7*. Окончания нервных волокон образуют узелки двух типов: палочки и колбочки. Глазные мышцы, переводя глаз с одного предмета на другой, могут изменять выпуклость хрусталика и этим резко фокусировать на сетчатке изображения любых предметов.

Сетчатка каждого глаза имеет около 130 млн. палочек и 7 млн. колбочек. Колбочки обладают чувствительностью к свету и цвету, а палочки только к свету и обладают большей светочувствительностью. Колбочки расположены, главным образом, в средней части сетчатки, против зрачка. Каждая колбочка присоединена к отдельному зрительному волокну, передающему воспринимаемые ощущения в головной мозг. Поэтому с помощью колбочек можно различать очень мелкие детали рассматриваемого объекта. Палочки расположены по периферии сетчатки. Они присоединяются к нервным волокнам группами по 100 шт. на одно волокно. Это обеспечивает их большую светочувствительность, но не дает возможности различать мелкие детали.

Разрешающая способность глаза. Когда глаз рассматривает относительно далеко расположенные друг от друга светящиеся точки, то изображение их на сетчатке получается на различных колбочках и эти точки воспринимаем раздельно. По мере увеличения угла, на который отклоняются от центра сетчатки лучи, идущие от рассматриваемого объекта, острота зрения падает. Так, полный угол зрения глаза составляет всего лишь 10—15°, а за пределами этого угла мелкие детали изучаются глазом уже поочередно. Кроме того, острота зрения зависит от яркости и контрастности рассматриваемого предмета. С увеличением яркости и контрастности острота зрения возрастает. Если наблюдение изображения ведется в пределах угла 10—15°, то глаз различает не более 1200—1800 точек. Это значит, что любое изображение может быть составлено из определенного числа точек различной яркости. Эта возможность составления изображения из отдельных точек (по элементам) положена в основу передачи по линии связи неподвижных изображений — фототелеграмм и подвижных изображений — телевидения.

Инерция зрительного ощущения. Зрительное ощущение обладает инерцией, т. е. после начала светового раздражения, имеющего постоянную интенсивность, ощущение (или кажущаяся яркость) нарастает постепенно, а после прекращения раздражения также постепенно падает.

На рис. 1.4 показано, как возникает и пропадает световое ощущение при воздействии прямоугольных импульсов света в зависимости от времени.

Если эти импульсы следуют один за другим медленно, то глаз

чувствует мелькание света. С увеличением частоты следования импульсов наступает момент, когда каждый новый импульс вызывает раздражение, в то время как ощущение от предыдущего еще не исчезло. Глазу начинает казаться, что источник света импульсов имеет постоянную яркость.

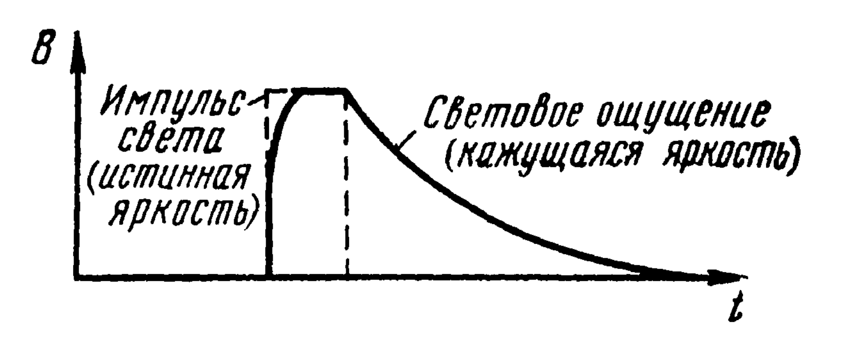


Рис. 1.4. Реакция глаза на импульс светового раздражения

Частота периодического изменения яркости источника, при которой глаз не ощущает мельканий, называется критической частотой мелькания.

Если отдельные, последовательные, движущиеся изображения сменяются одно другим с частотой, превышающей критическую частоту мельканий, то у наблюдателя эти изображения сливаются воедино и создают иллюзию непрерывного движения. На этом принципе основана кинематография. Этот же принцип используется и в телевидении.

Известно, что кинолента состоит из множества отдельных фотографий, снятых со скоростью 24 кадра в секунду. Каждый кадр ленты представляет собой моментальную фотографию и очень незначительно отличается от предыдущего кадра. Это незначительное изменение вызвано изменением положения движущегося объекта. Во время демонстрации фильма лента движется прерывисто со скоростью 24 кадра в секунду. Благодаря инерции глаза создается впечатление непрерывности движения. Однако если показывать только 24 кадра в секунду, то глаз заметит мелькание, зрение будет утомляться, а зрительное впечатление испортится. Устранить это можно, если увеличить число кадров в секунду. В кино это достигается тем, что каждый кадр показывается дважды, т. е. кадр проецируется на экран, затем затемняется специальным устройством (обтюратором) и снова проецируется на экран. Частота мельканий становится равной 48 в секунду, а такую частоту мельканий глаз уловить уже не в состоянии и фильм смотрится без ощущения мельканий.

В телевидении изображение, разложенное на элементы, тоже передается кадрами, 25 кадров в секунду. Каждый кадр передается двумя полукадрами и при частоте мельканий 50 раз в секунду получается впечатление слитного изображения.

1.4. Фотоэлектрический эффект и фотокатоды

Способность световых лучей освобождать электроны внутри или на поверхности какого-либо физического тела называется фотоэлектрическим эффектом или фотоэффектом.

Существует два вида фотоэффекта: внутренний и внешний. При внутреннем освобожденные электроны остаются внутри тела и повышают его электропроводность; при внешнем освобожденные электроны испускаются телом во внешнее пространство.

Любая система телевидения включает в себя прибор, основанный на использовании фотоэффекта.

Прибор, который использует внешний фотоэффект, называется фотоэлементом и предназначается для преобразования изменения света в электрические колебания.

Схема включения фотоэлемента показана на рис. 1.5*а*. Фотоэлемент — это вакуумный прибор, который состоит из стеклянного

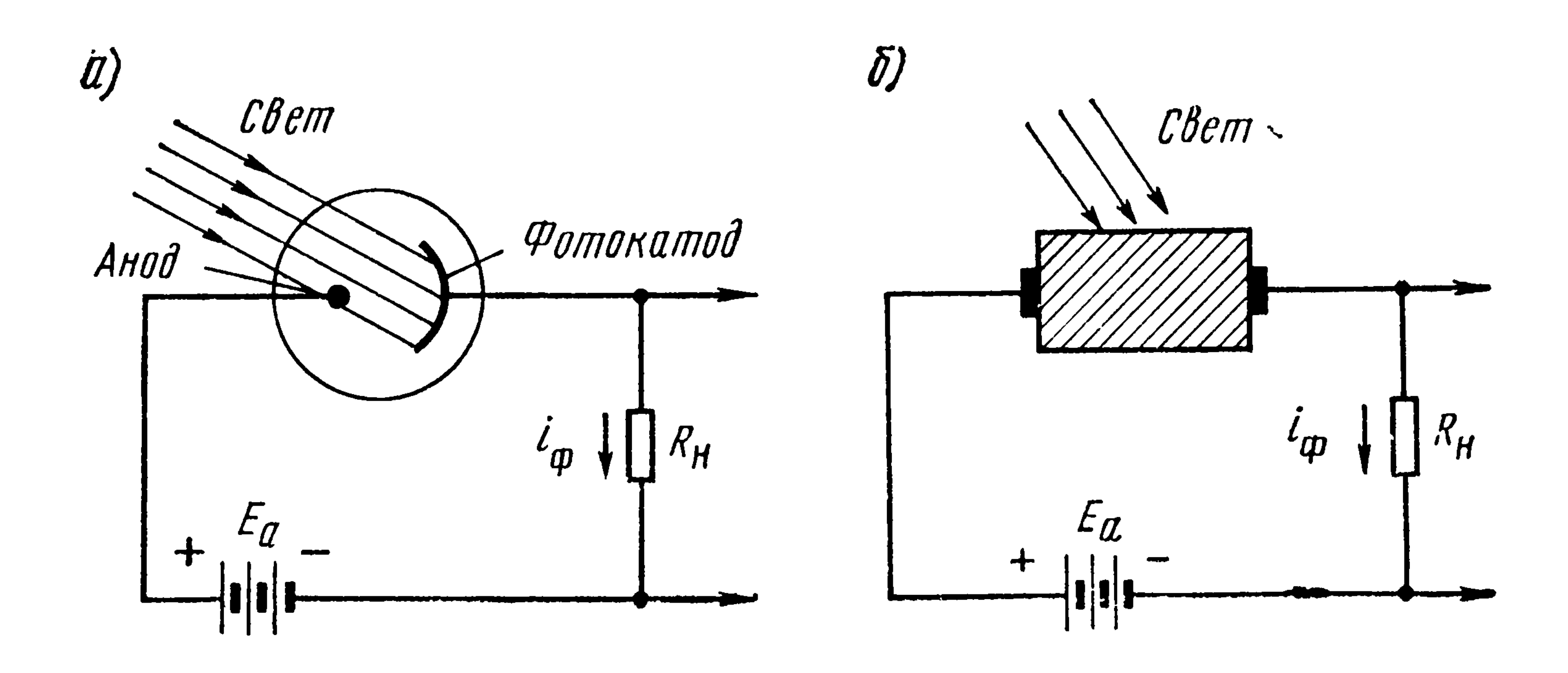


Рис. 1.5. Схемы устройства и включения фотоэлемента и фотосопротивления

баллона с двумя электродами: фотокатодом и анодом. Под действием световых лучей фотокатод эмиттирует электроны, которые, притягиваясь анодом, образуют ток, пропорциональный силе падающего светового потока. Ток, проходя по резистору нагрузки $R_н$, создает на нем падение напряжения.

На рис. 1.5*б* показана схема включения фоторезистора, который представляет собой полупроводниковое вещество, заключенное между двумя электродами.

Это вещество практически не проводит ток в темноте и приобретает значительную проводимость под действием света.

За счет действия источника $E_а$ в цепи фоторезистора и резистора нагрузки $R_н$ будет протекать фототок $i_ф$, пропорциональный силе падающего света.

Фотокатоды в зависимости от назначения разделяются на массивные, полупрозрачные и мозаичные. Массивные фотокатоды обычно имеют сравнительно толстую подложку и приспособлены для такой работы, когда световые лучи падают со стороны эмиттирующего слоя. Полупрозрачные имеют тонкую, проницаемую для световых лучей, подложку и предназначены для работы, когда световые лучи падают с противоположной эмиттирующему слою стороны. Мозаичные фотокатоды представляют собой слюдяную поверхность, на которую нанесены мельчайшие, изолированные друг от друга, крупинки серебра, каждая из которых в результате специальной обработки превращена в самостоятельный фотокатод.

1.5. Принципы электронного телевидения

Для того чтобы с помощью электрического канала связи передать на расстояние сигнал, соответствующий яркости хотя бы одного элемента изображения, и принять его, кроме фотоэлемента, надо еще иметь электросветовой преобразователь, который в зависимости от величины подводимых к нему электрических сигналов трансформировал бы их в свечения различной яркости.

В первых телевизионных проектах предполагалось, что эту роль будут выполнять электролампы накаливания, но позднее в действующих телевизионных установках были использованы газосветные лампы, так как у них меньшая инерционность. В настоящее время для этих целей используется явление люминесценции.

Однако если составить схему из фотоэлемента, канала связи и электросветового преобразователя (рис. 1.6), то никаких изображений получить не удастся, так как на фотоэлемент падает световой поток от всей картинки и получается какое-то среднее значение тока и средняя яркость свечения лампы. В лучшем случае можно будет узнать, какой предмет передавался: светлый или темный.

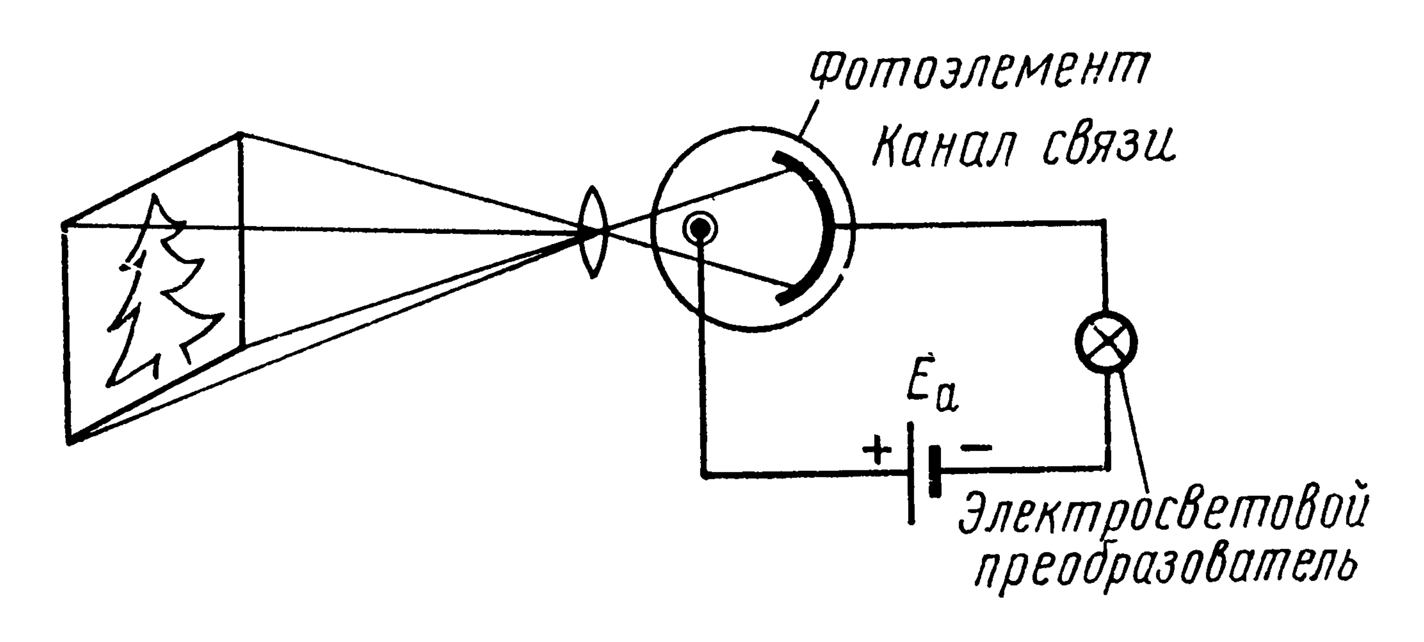


Рис. 1.6. Схема передачи изображения

Чтобы передать по этому принципу полное изображение, ученый Кери (1875 г.) предложил разбить изображение на большое количество элементарных картинок и передать отдельно сигналы, соответствующие яркости каждой из них с помощью самостоятельного фотоэлемента, линии связи и источника света (рис. 1. 7), но при этом необходимо наличие большого количества фотоэлементов, каналов связи и источников света.

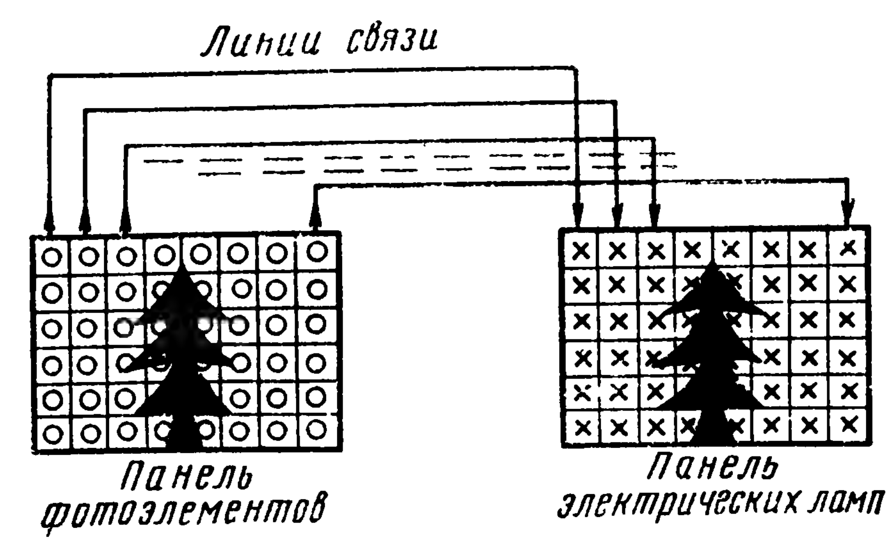


Рис. 1.7. Схема разбивки изображения на элементы

Лучшие результаты получил русский ученый П. И. Бахметьев в 1880 г., предложив

схему, изображенную на рис. 1. 8. В ней используются один светочувствительный элемент, один канал связи и один источник света. Светочувствительный элемент и источник света, передвигаясь одновременно и последовательно, точка за точкой, строка за строкой, передают и воспроизводят яркость элементов изображения.

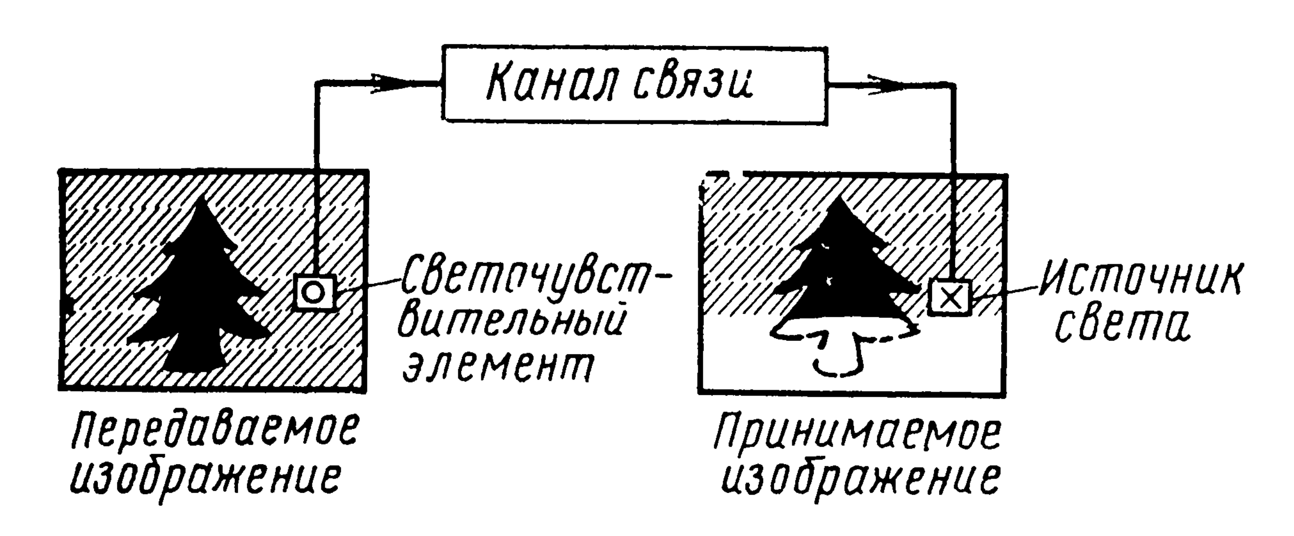


Рис. 1.8. Схема разбивки по проекту П. И. Бахметьева

Такой метод использует развертку изображения и лежит в основе современного телевидения.

При быстрой передаче сигналов, соответствующих яркостям отдельных элементов, у наблюдателя возникает слитое впечатление об изображении.

Этот метод имеет существенный недостаток: очень плохо используется световой поток, так как он падает на изображение непрерывно, а в каждый данный момент используется только его небольшая часть.

Этот недостаток устраняется в схеме рис. 1.9, которая использует принцип накопления зарядов, предложенный в 1907 г. русским ученым Б. Л. Розингом.

Передаваемое изображение проецируется на панель фотоэлементов, у которых общий анод (коллектор), а фотокатоды изолированы друг от друга. Каждый фотокатод через отдельную емкость соединен с резистором нагрузки $R_н$. Под действием света,

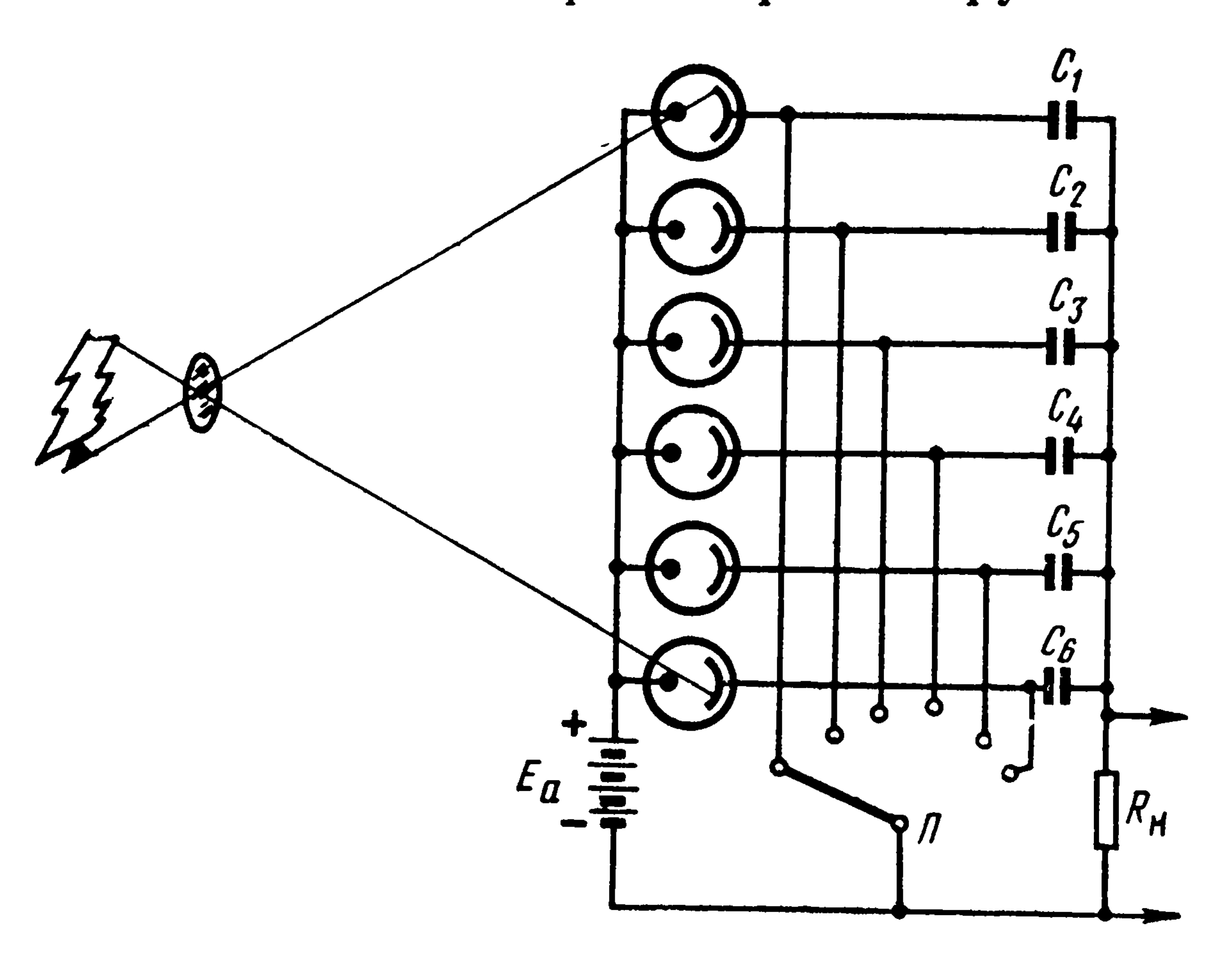


Рис. 1.9. Схема передачи изображения с использованием метода накопления зарядов

падающего от изображения, в цепи каждого фотоэлемента протекает ток, отображающий яркость данного элемента изображения. Токи заряжают емкости до потенциалов, пропорциональных освещенности элементов изображения. Таким образом, через некоторое время на конденсаторах накапливаются различные заряды в зависимости от освещенности соответствующих фотоэлементов и оптическое световое изображение как бы превращается в изображение из электрических зарядов. При помощи переключателя *П* эти емкости поочередно разряжаются через нагрузочное сопротивление, на котором образуются электрические сигналы, также пропорциональные освещенности элементов изображения. Пока происходит последовательный разряд емкостей, каждая из них накапливает заряд от освещенности элемента изображения, поэтому разрядный ток значительно увеличивается.

Этот принцип был положен в основу передающих телевизионных электроннолучевых трубок.

Контрольные вопросы

1. К волнам какой длины наиболее чувствителен глаз?
2. В каких единицах измеряется световой поток?
3. В каких единицах измеряется сила света?
4. Когда яркость источника равна одной канделе на квадратный метр?
5. Единицей измерения какого параметра является люкс?
6. Какие элементы глаза более чувствительны к свету: палочки или колбочки и какие к цвету?
7. От чего зависит острота зрения?
8. Что такое инерционность зрительного ощущения?
9. Что такое фотоэффект? В чем отличие внутреннего фотоэфекта от внешнего?
10. Дайте характеристику трем фотокатодам.
11. По какой простейшей схеме можно осуществить передачу изображения на расстояние?
12. В чем заключается принцип накопления зарядов? Где используется этот принцип?

Глава 2.

ПЕРЕДАЮЩИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ТРУБКИ

2.1. Устройство и работа иконоскопа

Иконоскоп[1] является передающей трубкой, в которой впервые была практически реализована идея накопления зарядов. В 1931 г. советский ученый С. И. Катаев предложил конструкцию такой трубки, однако ее первые образцы были созданы в 1932—1933 гг.

[1]) Иконоскоп — от греческого слова иконо — образ, скоп — смотреть.

в США В. К. Зворыкиным. В СССР эти трубки были созданы в 1934 г. Б. В. Круссером и А. В. Москвиным.

На рис. 2.1 показана конструкция иконоскопа. Он представляет собой вакуумный баллон специальной формы *1*, которая позволяет одновременно попадать на светочувствительный фотокатод *5* как лучам света от изображения, так и электронному лучу *3*. Внутри баллона размещены: электронный прожектор *2* для формирования электронного луча, который выполняет роль переключателя; второй анод — коллектор *4*, выполненный в виде графитового покрытия внутренних стенок баллона и светочувствительного мозаичного фотокатода. На горловине иконоскопа размещаются катушки для фокусировки и отклонения электронного луча *8*.

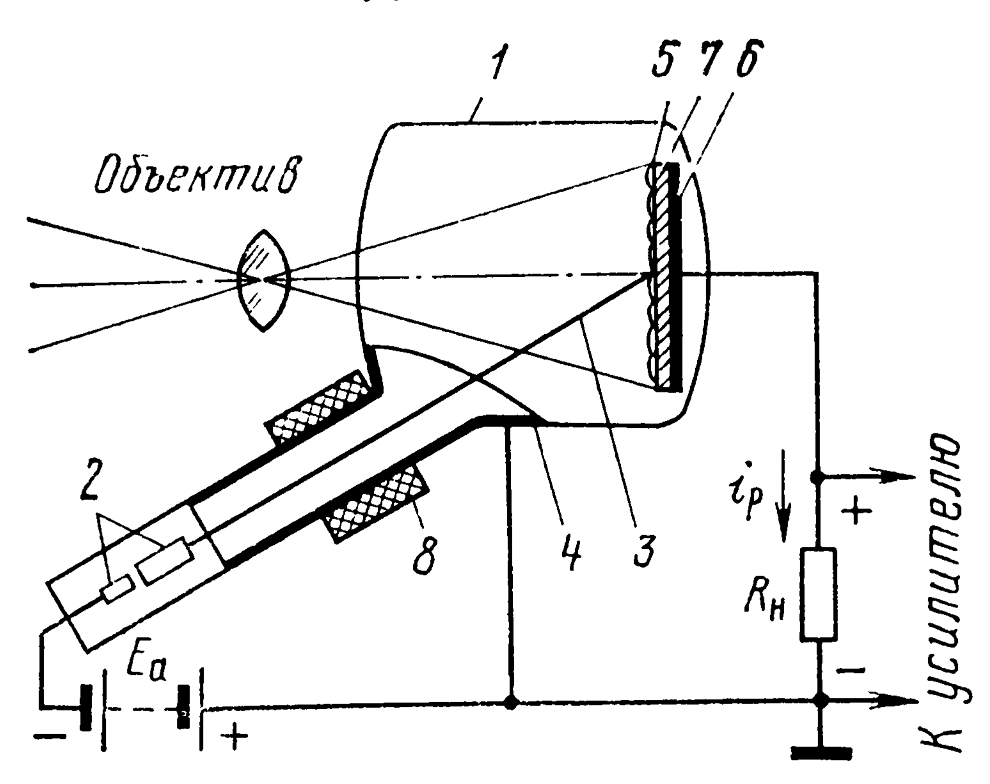


Рис. 2.1. Схема иконоскопа

Мозаичный фотокатод представляет собой тонкую слюдяную пластинку *7*, покрытую с одной стороны, обращенной к свету, большим числом (до 12 млн.) серебряных зерен, очувствленных цезием *5*. Зерна — это элементарные фотокатоды и одновременно обкладки элементарных конденсаторов. С противоположной стороны слюдяная пластинка покрыта сплошным слоем серебра, образующим общую для всех элементарных конденсаторов обкладку *6*, называемую сигнальной пластиной. В иконоскопах размер фотомозаики обычно равен 9×12 см^2, толщина слюдяной пластинки 25—50 мкм, средний диаметр зерен серебра $5 \cdot 10^{-3}$ мм.

Оптическое изображение проецируется на поверхность мозаики при помощи объектива через переднюю стенку колбы. При этом различные участки мозаики освещаются по-разному. Световые лучи, попадая на мозаику, вызывают фотоэлектронную эмиссию, причем сильно освещенные участки излучают много фотоэлектронов и приобретают более высокий положительный потенциал, примерно равный +1 В. Потенциал менее освещенных участков ниже — примерно —1,5 В. Фототоки, проходя по цепи: зерно, коллектор, нагрузка, сигнальная пластина,— заряжают элементарные конденсаторы и за время кадра на них накапливается заряд. Распределение потенциала на мозаике — потенциальный рельеф — точно соответствует ее освещенности.

На рис. 2.2*а* показано распределение мгновенных потенциалов вдоль одной неравномерно освещенной строки. Когда электронный луч касается зерен, он выбивает из них вторичные электроны, которые притягиваются коллектором. Луч как бы стирает потенциальный рельеф, доводя потенциал всех зерен до значения +3 В.

Это соответствует разряду каждого элементарного конденсатора, хотя происходит не разряд, а подзаряд каждого конденсатора до одинакового потенциала +3 В. При этом через резистор $R_н$ течет ток разряда, который создает на нем падение напряжения положительной полярности. Тот сигнала протекает по цепи: зерно мозаики, емкость элементарного конденсатора (зерно, сигнальная пластина), резистор нагрузки $R_н$, коллектор, вторичные электроны, зерно мозаики. Сила разрядного тока, протекающего через $R_н$, пропорциональна разности потенциалов до и после касания электронным лучом зерен. Так, для неосвещенных зерен эта разность составляет 4,5 В [3—(—1,5)] = 4,5 В, а для наиболее светлых 2 В [3— (+1)] = 2 В (рис. 2. 2*б*).

В результате от темных элементов мозаики импульсы тока будут более сильными, чем от светлых элементов. Совокупность этих

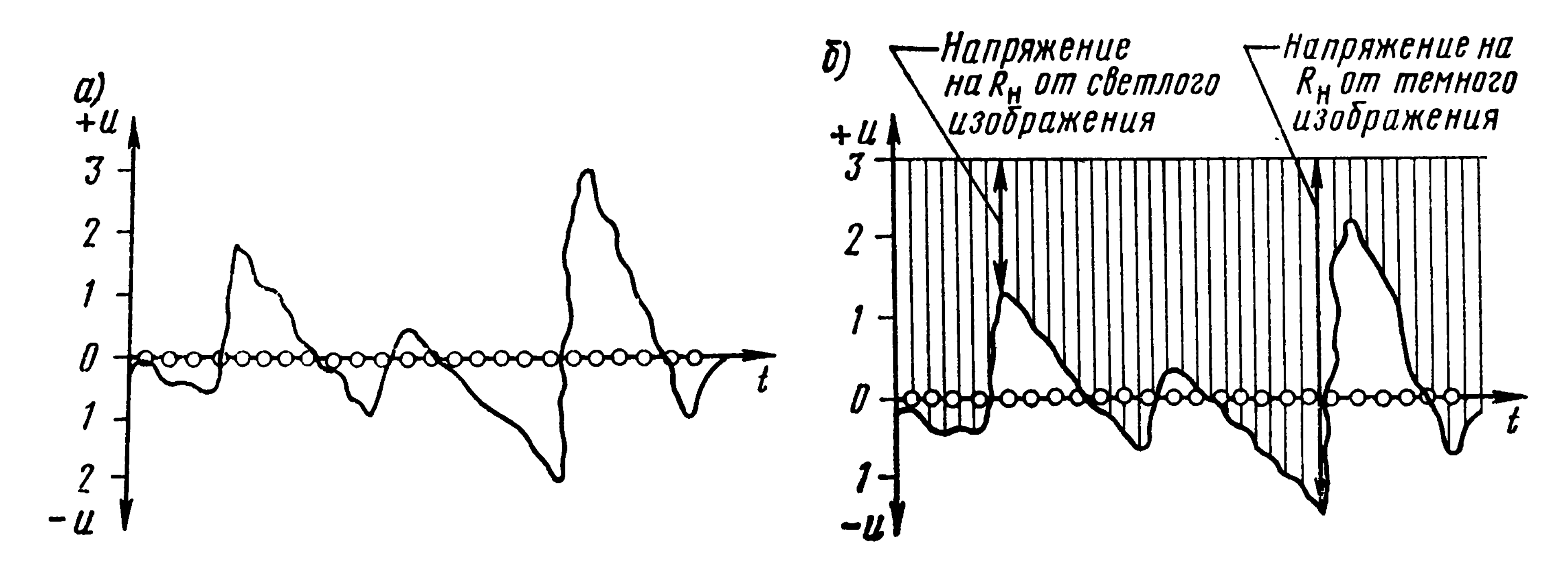


Рис. 2.2. Образование видеосигнала в иконоскопе:
а) потенциальный рельеф изображения на одной строке мозаики; *б)* видеосигнал на нагрузке иконоскопа

токов создает на резисторе $R_н$ сигнал изображения — видеосигнал, полярность которого негативная, так как светлым элементам изображения соответствуют слабые импульсы тока, а темным — сильные.

Важно иметь в виду, что емкость элементарного конденсатора очень мала и для низких частот представляет очень большое сопротивление. Поэтому на нагрузке нет так называемой «постоянной» составляющей сигнала изображения, которая отображает медленные изменения средней освещенности (фона) передаваемого изображения.

Основными недостатками трубки типа иконоскоп являются низкая чувствительность, большие габариты и специфические искажения. Низкая чувствительность приводит к тому, что иконоскоп требует очень больших освещенностей передаваемых объектов (2000—3000 лк). Такие освещенности можно получить только в студии, поэтому в настоящее время иконоскоп не применяется.

2.2 Суперортикон

Суперортикон является в настоящее время наиболее чувствительной передающей трубкой. Особенностями этой трубки являются то, что развертка ведется лучом медленных электронов, используется перенос изображения на двустороннюю мишень Брауде и вторично-электронный умножитель тока сигнала. Двусторонняя мишень Брауде позволяет образовывать потенциальный рельеф с одной стороны, а считывать его с другой.

Устройство суперортикона показано на рис. 2.3. Объектив проецирует на полупрозрачный фотокатод *1* оптическое изображение

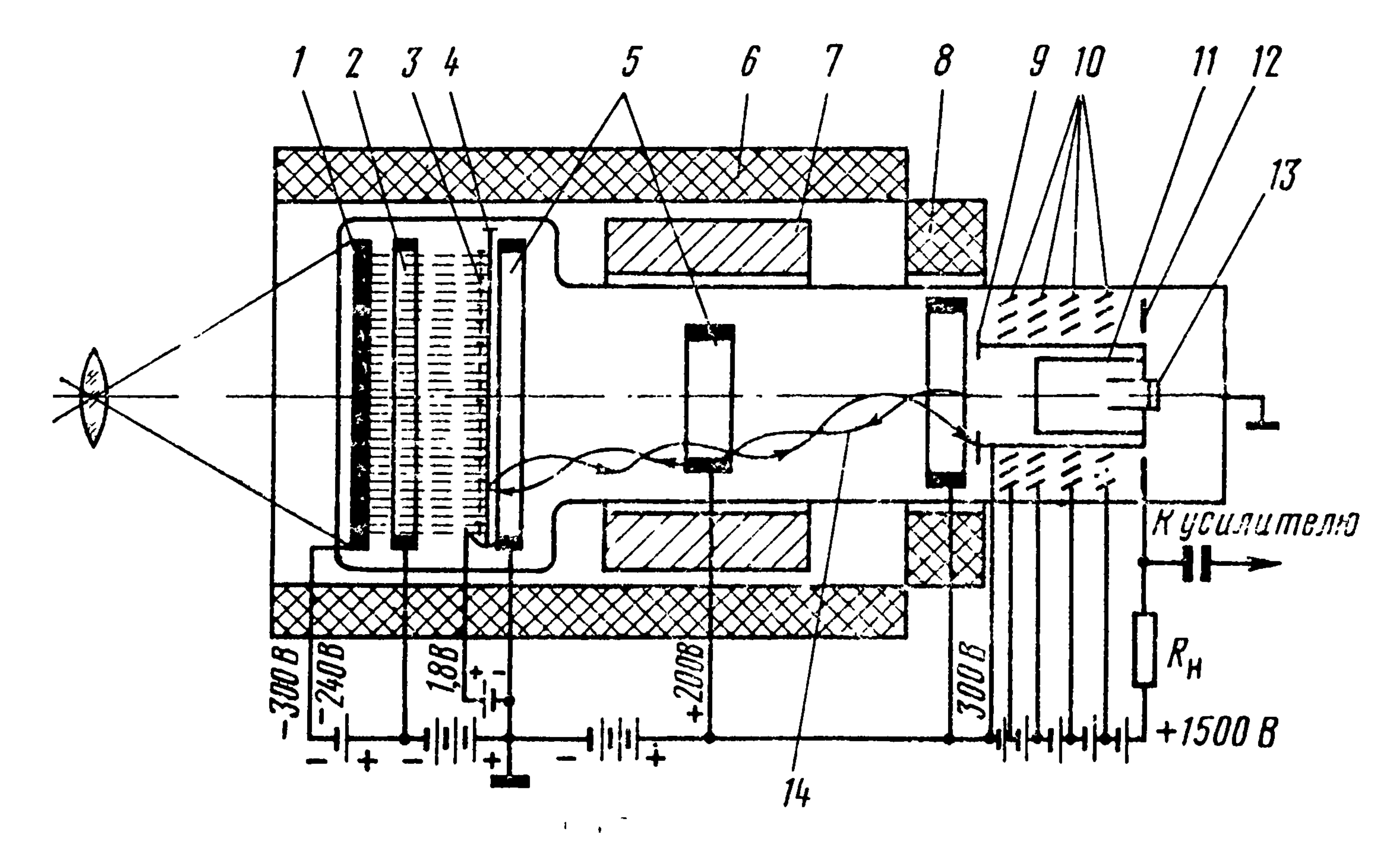


Рис. 2.3. Устройство суперортикона

передаваемого объекта. Электроны, излучаемые фотокатодом под действием ускоряющего поля, движутся к мишени *4* вдоль магнитных силовых линий длинной фокусирующей катушки переноса *6*. Мишень выполнена из полупроводникового стекла. Под действием фотоэлектронов с ее поверхности выбиваются вторичные электроны, которые притягиваются мелкоструктурной металлической сеткой *3*, расположенной перед мишенью на расстоянии в несколько десятков микрон. Сетка содержит около 30 отверстий на один миллиметр. Она прозрачна для электронов. На нее подается положительный потенциал порядка единиц вольт. В результате вторично-электронной эмиссии на левой стороне мишени образуется потенциальный рельеф, который за счет электростатической индукции передается на ее правую сторону, так как между противоположными сторонами пленки образуются элементарные емкости. Снятие потенциального рельефа производится электронным лучом тоже с двух сторон мишени. Луч создается электронным прожектором *11, 13* и ускоряется анодом *9*.

Отклонение луча и его фокусировка осуществляются соответственно катушками *7, 8*. Подходя к мишени, электроны тормозятся электродами *5*. Медленные электроны не выбивают вторичных

электронов из мишени, а притягиваются ею, так как на ней имеется положительный потенциальный рельеф. Количество электронов, оседающих на участках мишени, прямо пропорционально потенциалам участков. Остальные электроны луча отражаются от мишени, как от электронного зеркала. Количество отраженных электронов зависит от глубины потенциального рельефа: чем больше освещенность участка изображения, тем больше положительный потенциал соответствующего участка мишени, тем больше электронов луча притягивается к ней и меньше отражается. Электроны, которые образуют возвратный ток луча, направляются на первый анод *9* со скоростью 200 В (потенциал анода) и выбивают из него вторичные электроны, которые захватываются электрическим полем электронного умножителя *10*. Коэффициент усиления такого умножителя достигает 1000. Многократно усиленный поток вторичных электронов образует ток, который создает на резисторе нагрузки $R_н$ видеосигнал положительной полярности. Резистор подключен к сигнальному электроду *12*.

Суперортикон имеет очень высокую чувствительность. Изображение с высокой четкостью получается при освещенностях порядка одного люкса. К недостаткам следует отнести сложность конструкции.

2.3. Видикон

В видиконах используется внутренний фотоэффект, т. е. изменение сопротивления вещества при изменении его освещенности.

Первый проект видикона был предложен в 1925 г. советским ученым А. А. Чернышовым, изготовлена же такая трубка впервые в 1950 г. Схема видикона изображена на рис. 2.4*а*.

На внутренней торцевой поверхности цилиндрической трубки *1* нанесена светочувствительная мишень *2*, состоящая из прозрачного слоя металла и фотосопротивления. Эквивалентная схема от-

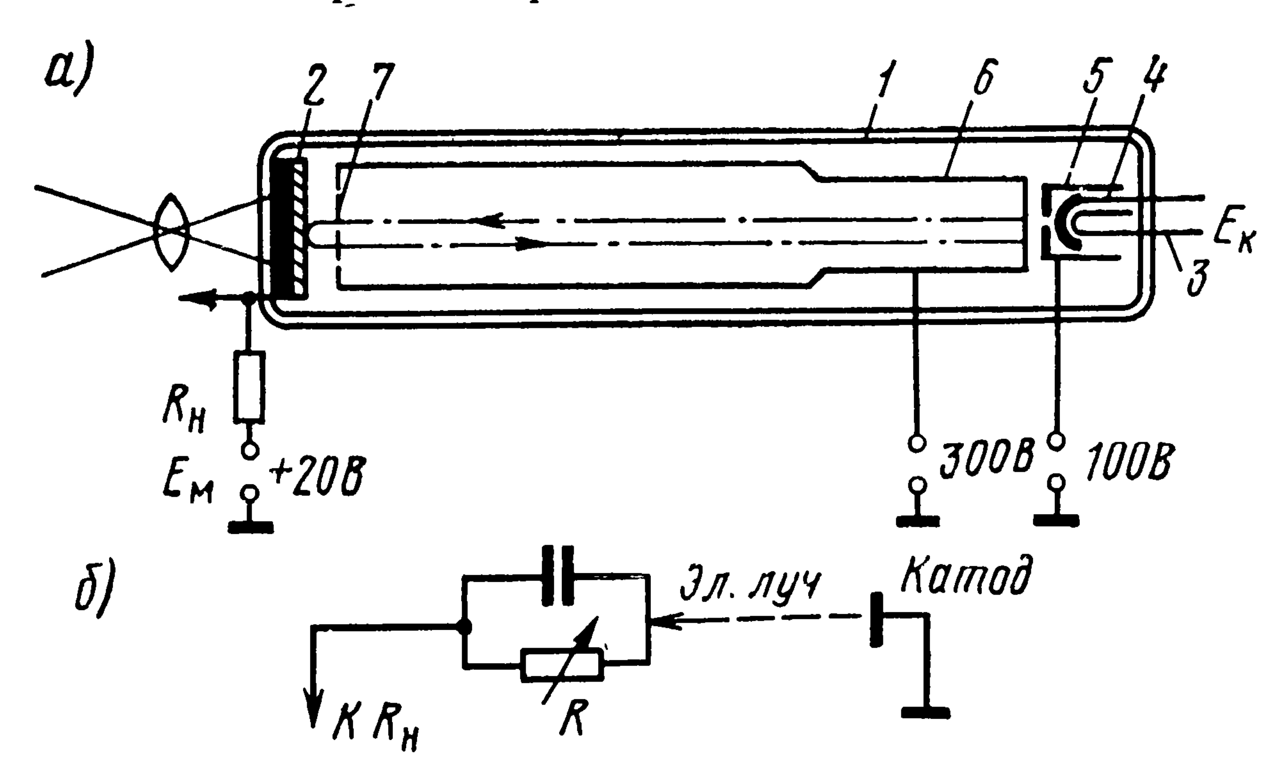


Рис. 2.4. Видикон:
а) схематическое устройство; *б)* эквивалентная схема отдельного элемента мишени

дельного элемента мишени показана на рис. 2.4*б*, где R — сопротивление слоя данного элемента; C — емкость конденсатора, образованного между обеими сторонами мишени.

Электронный луч создается электронной пушкой, состоящей из катода *3*, управляющего электрода *4*, первого анода *5* и второго анода *6*. Второй анод заканчивается мелкоструктурной сеткой *7*, которая расположена вблизи от мишени, параллельно ее поверхности. Поверх трубки надевается отклоняющая система, а также длинная фокусирующая катушка, создающая продольное магнитное поле (эти элементы на рис. 2.4 не показаны).

Когда мишень не освещена, то сопротивление светочувствительного слоя одинаково на всех участках. Развертка производится медленными электронами, которые тормозятся низким напряжением на фотосопротивлении.

Когда луч касается мишени, то на поверхности фотопроводящего слоя, обращенного к лучу, устанавливается потенциал, близкий к катоду, а между противоположными поверхностями образуется разность потенциалов $E_м = 20$ В.

После ухода луча с рассматриваемой точки потенциал внутренней поверхности мишени растет, так как элементарная емкость C каждого из участков фотопроводника разряжается через поперечное сопротивления слоя R (рис. 2.5) Разряд конденсаторов невелик и одинаков для всех участков.

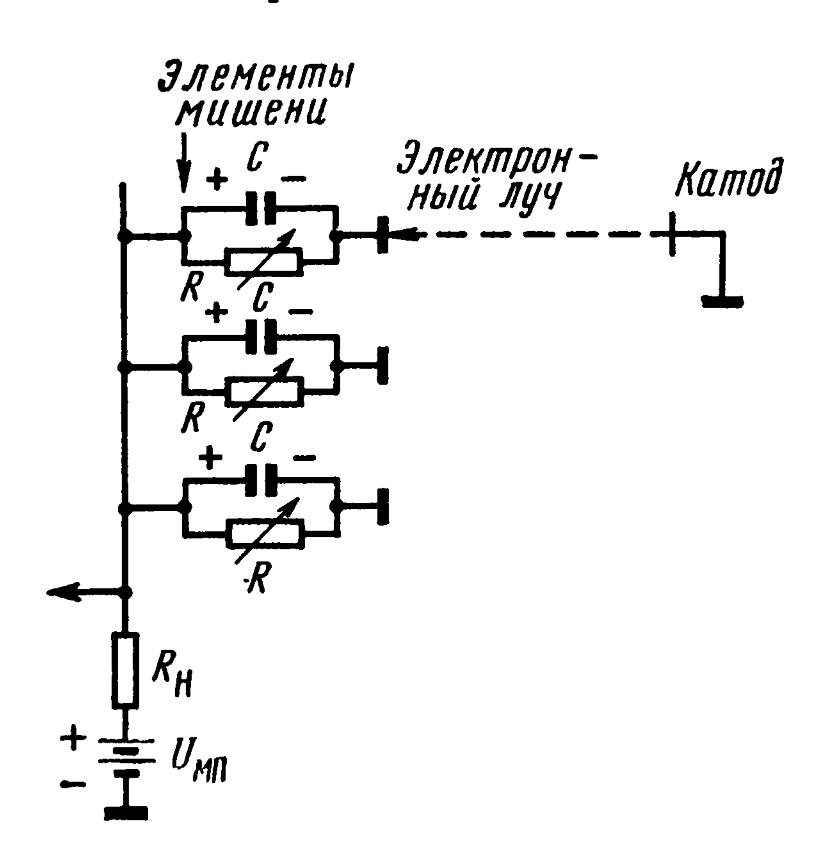


Рис. 2.5. Пояснение к образованию сигнала изображения в видиконе

Если на мишень проецируется изображение, то различно освещенные участки создадут различную проводимость отдельных участков слоя.

В фотопроводнике возникает «рельеф проводимости», соответствующий рельефу яркости передаваемой сцены. В течение времени кадра каждый конденсатор, в зависимости от освещенности участка мишени разрядится по-разному, в результате чего к концу кадра на стороне мишени, обращенной к лучу, возникает потенциальный рельеф.

Электронный луч при развертке доводит поверхность всех участков мишени до одинакового потенциала, равного потенциалу катода. Чем сильнее был освещен участок мозаики, тем больше был разряжен конденсатор и, следовательно, для его подзарядки потребуется больший ток. Подзарядку конденсаторов осуществляет луч, поэтому на освещенных участках слоя он «оставляет» бóльшее количество электронов, чем на затемненных.

Таким образом, токи дозаряда конденсаторов несут в себе информацию о распределении освещенностей на фотокатоде. Проте-

кая через нагрузочный резистор $R_н$, они создают напряжение видеосигнала отрицательной полярности.

Видиконы обладают довольно высокой чувствительностью, имеют малые габариты, просты по конструкции. Они применяются в промышленном телевидении и для передач по телевидению кинофильмов.

Контрольные вопросы

1. Объясните устройство мозаики иконоскопа.
2. Объясните, как образуется потенциональный рельеф на мозаике иконоскопа.
3. Как образуется сигнал на нагрузке иконоскопа?
4. Почему сигнал, полученный на нагрузке иконоскопа, имеет негативную полярность?
5. Что является недостатками иконоскопа?
6. В чем заключается принцип переноса изображения?
7. В чем заключается особенность суперортикона?
8. Почему суперортикон обладает высокой чувствительностью?
9. Как образуется потенциальный рельеф на мишене видикона?

Глава 3.

ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ТРУБКИ

3.1. Общие сведения

Приемные телевизионные трубки или кинескопы служат для преобразования видеосигналов в оптическое изображение.

Кинескоп (рис. 3.1) состоит из стеклянной колбы *3*, в горловине которой размещен электронный прожектор *1*, а на внутренней поверхности дна — люминесцирующий экран *2*. Из колбы выкачан воздух. Отклонение и фокусировка луча осуществляются отклоняющими *4* и фокусирующими *5* катушками, которые надеваются на горловину кинескопа.

Электронный прожектор состоит из подогревного катода *6* с нитью накала *7*, управляющего электрода (модулятора) *8* и анода *10*.

При попадании на люминофор быстро летящих электронов он начинает светиться. Для того чтобы светился весь экран, луч перемещается по экрану слева направо и сверху вниз под действием магнитного поля отклоняющих катушек.

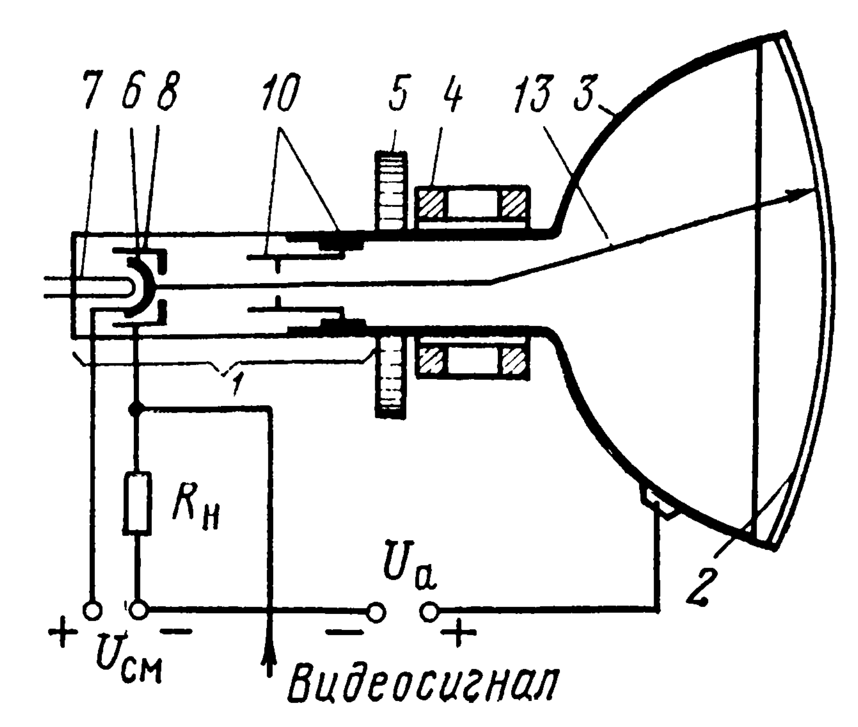


Рис. 3.1. Устройство кинескопа с магнитным отклонением и фокусировкой

Если на управляющий электрод трубки подать видеосигнал, то он будет изменять количество электронов, летящих к экрану, что, в свою очередь, вызывает различное его свечение. В результате на экране появится изображение, соответствующее передаваемому объекту.

Для получения минимального размера светящейся точки от луча на экране луч должен быть хорошо сфокусирован. Фокусировка производится магнитным или электрическим полем. В настоящее время во всех кинескопах используется электростатическая фокусировка, так как это экономично: не требуется затрат на большое количество медного провода для фокусирующей катушки и не нужен большой выпрямленный ток для создания сильного магнитного поля.

Электростатическая фокусировка имеет еще то преимущество, что сфокусированное изображение сохраняется без его подстройки в течение всей передачи, в то время как при магнитной фокусировке из-за нагрева катушки и изменения ее сопротивления меняется ток в ней и, следовательно, нарушается фокусировка луча.

3.2. Электронный прожектор

Электронный прожектор, предназначенный для получения узкого электронного луча, должен не только создать этот луч, но и сфокусировать, а также обеспечить модуляцию его видеосигналом. Существует несколько конструкций электронных прожекторов. Простейший триодный прожектор состоит из трех электродов: подогревного катода, управляющего электрода и анода A_1, показанных на рис. 3. 2. На управляющий электрод по отношению к катоду подается отрицательное напряжение. Регулировкой этого напряжения можно менять плотность электронного луча, т. е. изменять яркость свечения кинескопа. Управляющий электрод выполняет функцию модулятора, так как при подведении к нему видеосигнала меняется ток луча и на экране образуется оптическое изображение.

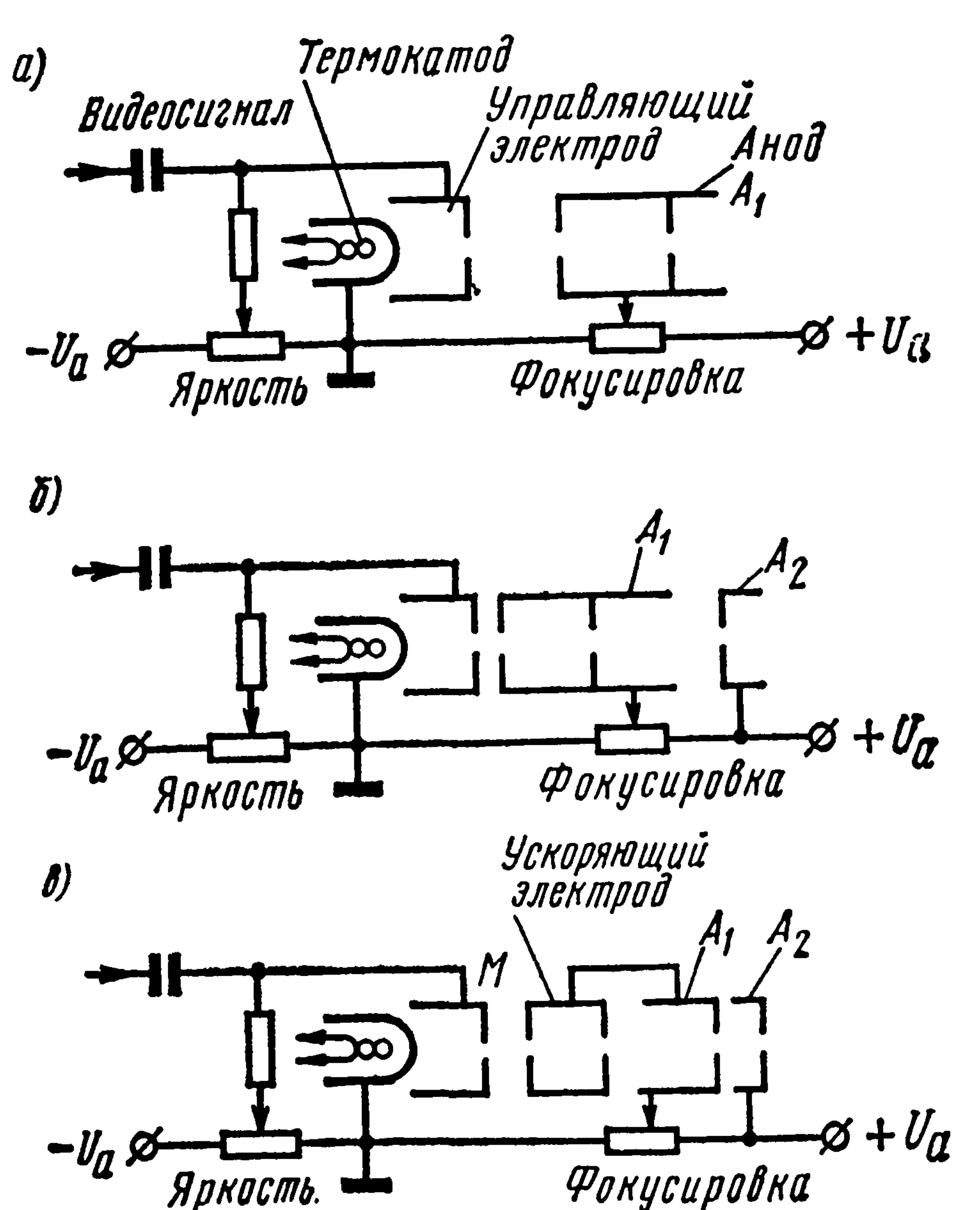


Рис. 3.2. Электронные прожекторы кинескопа с электростатической фокусировкой:

а) триодный прожектор; *б)* тетродный прожектор; *в)* пентодный прожектор

Фокусировку луча можно осуществить изменением потенциала на первом аноде, однако при этом регулировка яркости и фокусировка получаются взаимосвязанными, ре-

гулировка яркости несколько нарушает фокусировку и наоборот. Поэтому в кинескопах с триодным прожектором использовали электромагнитную фокусировку луча.

Тетродный прожектор (рис. 3.2*б*) состоит из термокатода, управляющего электрода, первого A_1 и второго анодов A_2. Первый анод — это экранирующий электрод в виде цилиндра с диафрагмой, которая пропускает только те электроны луча, траектории которых имеют малое отклонение от оси. На этот электрод подается положительное напряжение, меньшее, чем на второй анод.

Фокусировка луча производится регулировкой потенциала на первом аноде. Прожектор имеет ряд недостатков, главными из которых являются:

1) нежелательная зависимость тока луча от фокусирующего потенциала;

2) подсветка экрана из-за наличия вторичных электронов, выбиваемых электронами луча с краев диафрагмы и попадающих на экран в виде несфокусированного пучка.

Указанные недостатки устранены в пентодном прожекторе (рис. 3.2*в*), в котором между модулятором M и первым анодом A_1 помещен ускоряющий электрод. Он экранирует катод от поля первого анода. Поэтому регулировка фокусировки не влияет на ток луча. Диафрагма помещается в цилиндре второго анода, следовательно, выбитые с ее краев вторичные электроны не ускоряются и не вызывают подсветку экрана.

3.3. Фокусирующие системы

Задача фокусирующей системы — превратить довольно широкий поток электронов, испускаемых катодом, в узкий электронный луч.

Подобно тому как луч света может быть сфокусирован оптической линзой, электронный луч можно сфокусировать электростатической или электромагнитной линзой. В настоящее время в кинескопах для фокусировки электронного луча применяются только электростатические линзы.

Простейшая электростатическая линза представляет собой пару кольцевых электродов (анодов), расположенных вдоль оси трубки (рис. 3.3*а*). Потенциал второго анода должен быть больше потенциала первого анода.

На рис. 3.3*б* показана одна из силовых линий электрического поля между первым и вторым анодами. На электрон, находящийся в точке B, действует сила F, направленная по касательной к силовой линии электрического поля. Силу F можно разложить на две составляющие: продольную $F_а$ и поперечную $F_б$. Продольная составляющая $F_а$ сообщает электрону поступательное движение вдоль оси трубки, а поперечная $F_б$ прижимает его к оси.

В точке B^1 продольная составляющая $F^1_а$ по-прежнему ускоряет электрон в направлении оси трубки, а поперечная — $F^1_б$ уже отклоняет его от оси, но преломление траектории электрона в точ-

ке B будет больше, чем в точке B^1, так как правую половину системы электрон проходит значительно быстрее, чем левую, из-за полученного ускорения. В результате электрон будет прижиматься к оси.

Таким образом, действие простейшей электростатической линзы эквивалентно действию оптической системы из собирательной и рассеивающей линз (рис. 3. 3*в*).

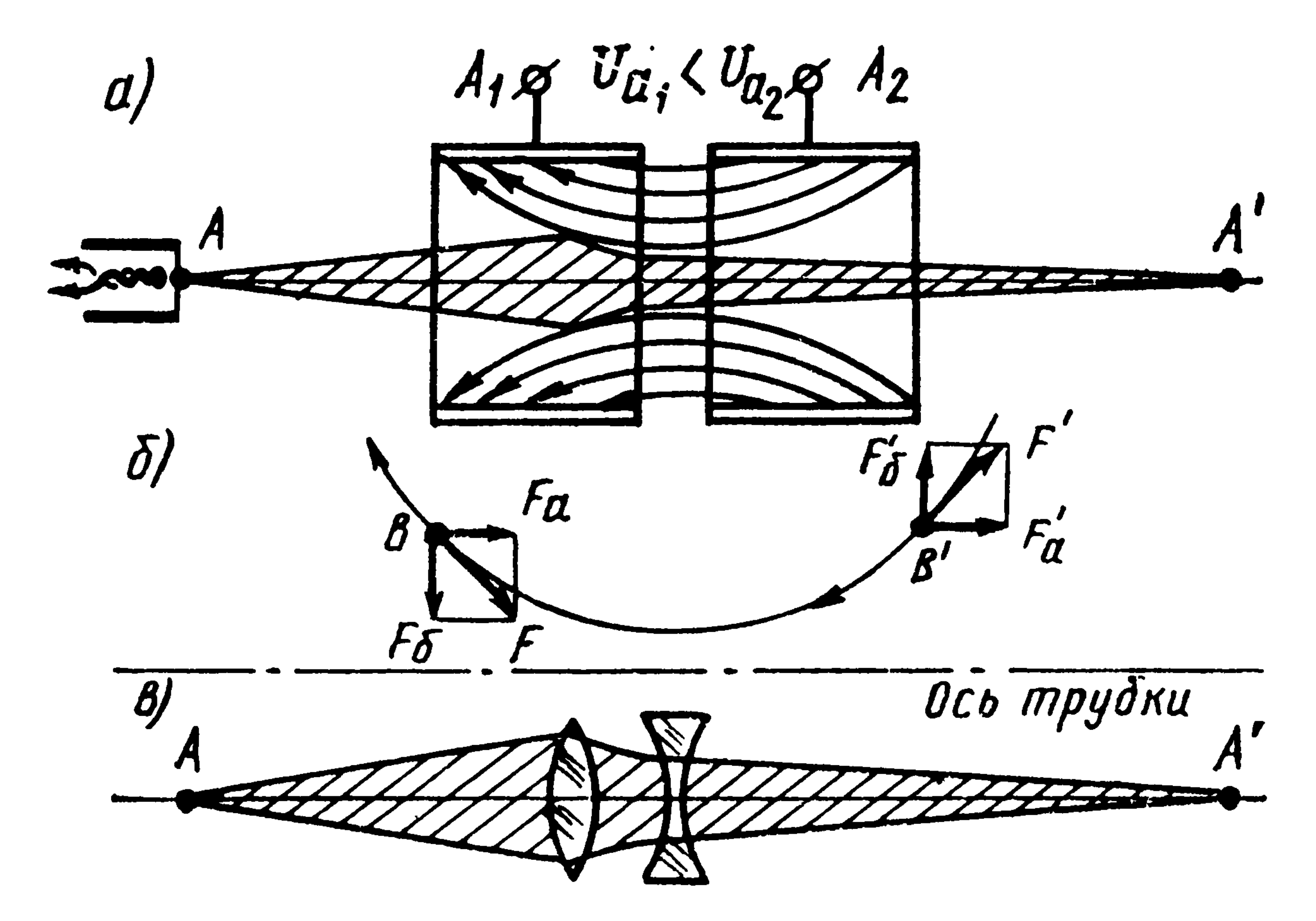


Рис. 3.3. Электростатическая линза и ее оптический эквивалент

Траектория движения электрона может быть легко изменена путем изменения формы электрического поля, которое определяется потенциалами электродов.

3. 4. Электромагнитное отклонение луча

В современных кинескопах отклонение луча осуществляется магнитным полем, которое создается специальными отклоняющими катушками. Механизм отклонения луча такими катушками легче рассмотреть, если предположить, что поле отклоняющих катушек равномерно. Движущийся электрон представляет собой элементарный электрический ток и испытывает со стороны магнитного поля такое же действие, как и проводник с током.

Из теории электротехники известно, что на прямолинейный проводник с током, а значит, и на электрон, находящийся в магнитном поле, действует механическая сила F, равная произведению заряда электрона e, напряженности магнитного поля H, скорости электрона v и синуса угла между векторами H и v, т. е.

$$F = eHv_{\sin}\ \alpha.$$

Направление этой силы определяется по известному правилу левой руки, так как поток электронов можно рассматривать как проводник с током, находящийся в магнитном поле. Согласно пра-

вилу ладонь левой руки располагают так, чтобы магнитные силовые линии входили в нее, а вытянутые четыре пальца были направлены против движения электрона, тогда сила, действующая на электрон, будет направлена в направлении отогнутого большого пальца (рис. 3. 4).

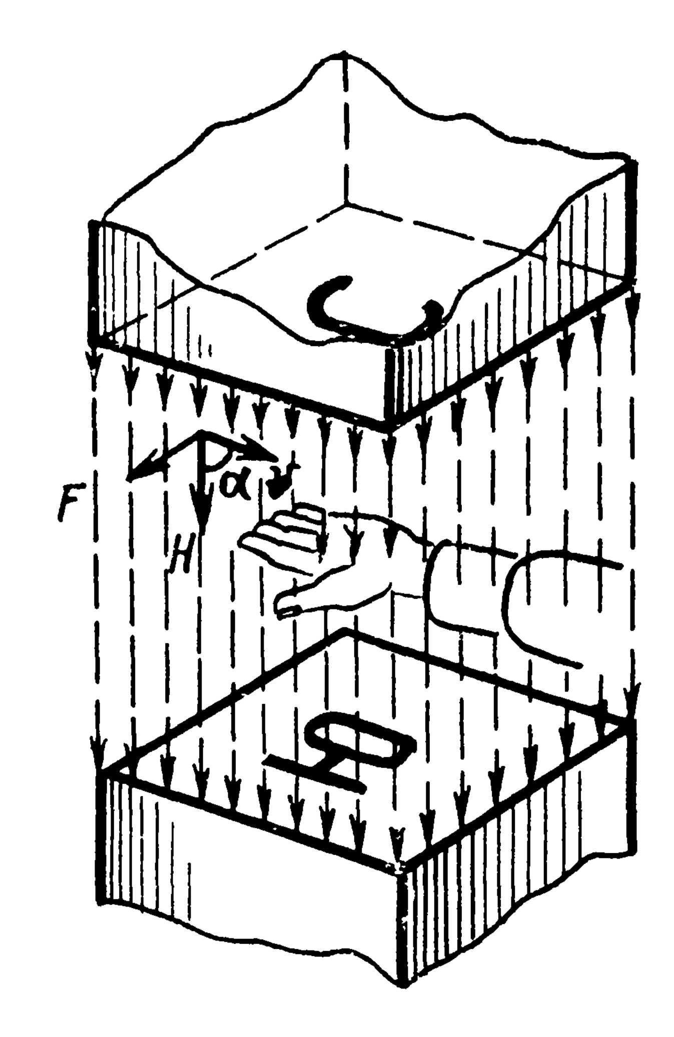


Рис. 3.4. Определение направления силы, действующей на электрон в магнитном поле

Если угол $\alpha=0$, т. е. электрон как бы «скользит» вдоль магнитных силовых линий, то $\sin\alpha=0$, $F=0$ и магнитное поле не влияет на траекторию электрона.

На практике чаще бывают случаи, когда электрон с какой-то постоянной скоростью v движется в плоскости, перпендикулярной направлению сил магнитного поля (рис. 3. 5). В этом случае $\alpha=90°$ и сила F направлена перпендикулярно вектору v. Под действием постоянной скорости v и силы F, действующей перпендикулярно скорости v, траектория электрона будет представлять собой окружность с радиусом r.

Силу F можно приравнять к центробежной, развиваемой электроном при движении по окружности радиусом r. Согласно закону механики эта сила $F=\frac{mv^2}{r}$, откуда $r=\frac{mv^2}{F}$, тогда, подставив значение $F=eHv$, получим $r=\frac{mv^2}{eH}$, где m — масса электрона.

Следовательно, чем больше масса заряда, движущегося в магнитном поле, тем больше радиус описываемой окружности. Это значит, что траектории тяжелых частиц (например, ионов, масса которых в 1800 раз больше массы электронов) искривляются в магнитном поле меньше, чем траектории легких частиц.

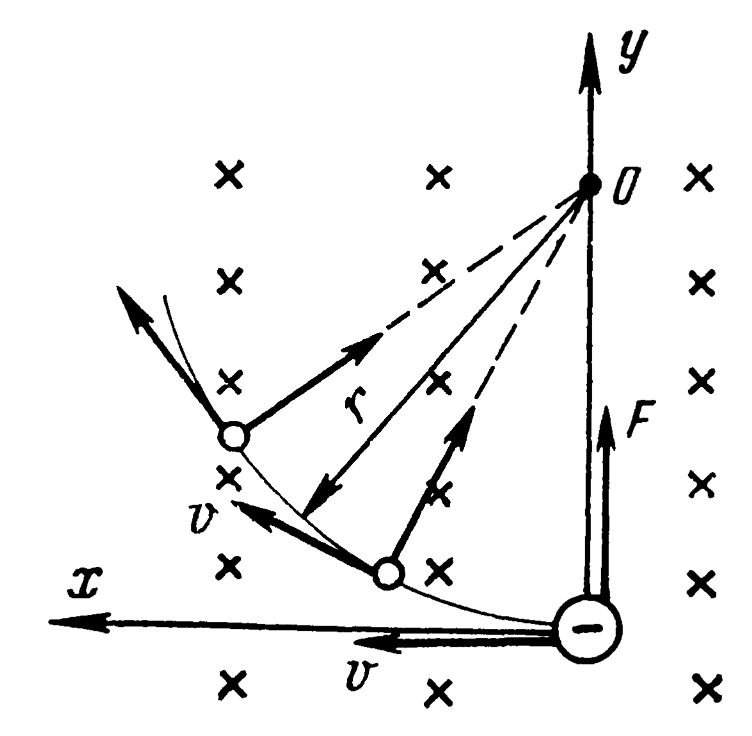


Рис. 3.5. Траектория электрона в плоскости, перпендикулярной магнитному полю (силовые линии магнитного поля направлены за плоскость чертежа)

Период вращения электрона $T=\frac{2\pi}{\omega}$, где ω — угловая скорость.

Из механики известно, что $\omega=\frac{v}{r}$, отсюда $T=\frac{2\pi r}{v}$. Подставив значение r в выражения для периода вращения электрона, получим $T=\frac{2\pi m}{eH}$. Так как m и e постоянны, следовательно, период вращения зависит от напряженности поля H.

Для рассмотрения вопроса отклонения луча в магнитном поле изобразим на плоскости, перпендикулярной линиям магнитного поля, траекторию электронов, проходящих через ось кинескопа (рис. 3.6).

Пусть электрон влетает в равномерное магнитное поле отклоняющих катушек в точке A, тогда его траектория в пределах поля будет представлять собой часть окружности с центром в точке B и с радиусом r. Долетев до границы магнитного поля в точке O, электрон продолжает движение по касательной к дуге окружности в точке B и достигает поверхности экрана в какой-то точке C. Определим величину отклонения луча на экране кинескопа, т. е. длину отрезка $DC=y$. Для этого продолжим касательную BC до пересечения с осью трубки в точке E (точка E — это центр отклонения, она находится в центре отклоняющего поля). Тогда из прямоугольного треугольника ECD найдем $y=ED\ \mathrm{tg}\ \alpha$. При малых значениях α

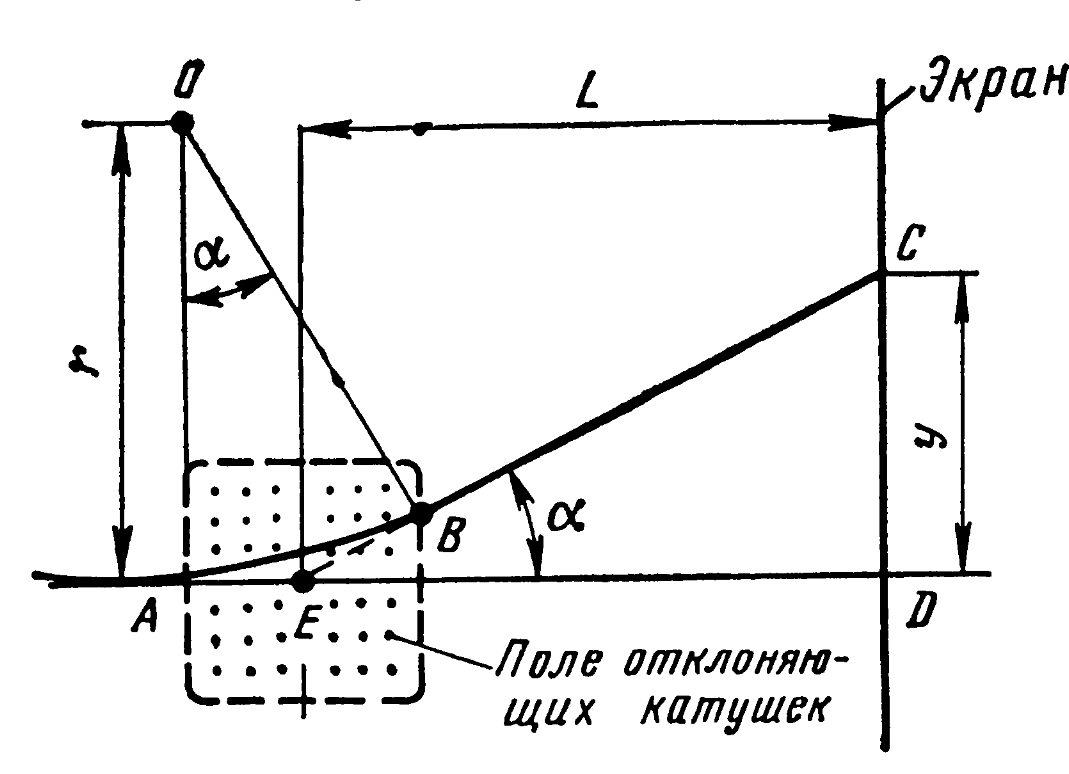


Рис. 3.6. К расчету отклонения луча в магнитном поле

$$\mathrm{tg}\ \alpha \approx \alpha \text{ и } y = L\ \alpha.$$

Из формулы видно, что величина отклонения луча по экрану зависит от длины кинескопа L и от угла отклонения α. Увеличение L приводит к увеличению глубины ящика телевизора и, следовательно, увеличению габаритов последнего, поэтому целесообразно L укорачивать, а увеличивать угол отклонения луча.

Угол отклонения луча, в свою очередь, зависит от напряженности магнитного поля H, которая пропорциональна числу амперВитков катушки.

3.5. Колбы и экраны кинескопов

Форма колбы кинескопа и ее конструкция в определенной степени влияют на качество изображения, так как определяют контрастность и четкость изображения. Кроме того, колба должна быть механически прочной, так как внутри нее вакуум и она испытывает на себе значительное наружное давление.

Атмосферное давление действует на кинескоп со всех сторон. Но поверхности экрана и конуса, расположенного напротив экрана, значительно больше, чем поверхность боковых стенок баллона кинескопа. Поэтому экран и конус сдавливаются атмосферным давлением с такой силой, что боковые стенки начинают растяги-

ваться и стремятся как бы выпучиться наружу (рис. 3.7*а*). Если на боковых поверхностях баллона имеются какие-нибудь мелкие дефекты, например царапины, то под действием сил растяжения они могут превратиться в трещины, что приведет к взрыву кинескопа.

Для устранения возможности взрыва на кинескоп надевается металлический бандаж, который сжимает боковые поверхности баллона так, чтобы скомпенсировать усилие растяжения боковых стенок (рис. 3.7*б*, стрелки на рисунке показывают направление усилий сжатия).

В современных кинескопах дно колбы штампуют отдельно из специального стекла, а затем приваривают его к конусной части

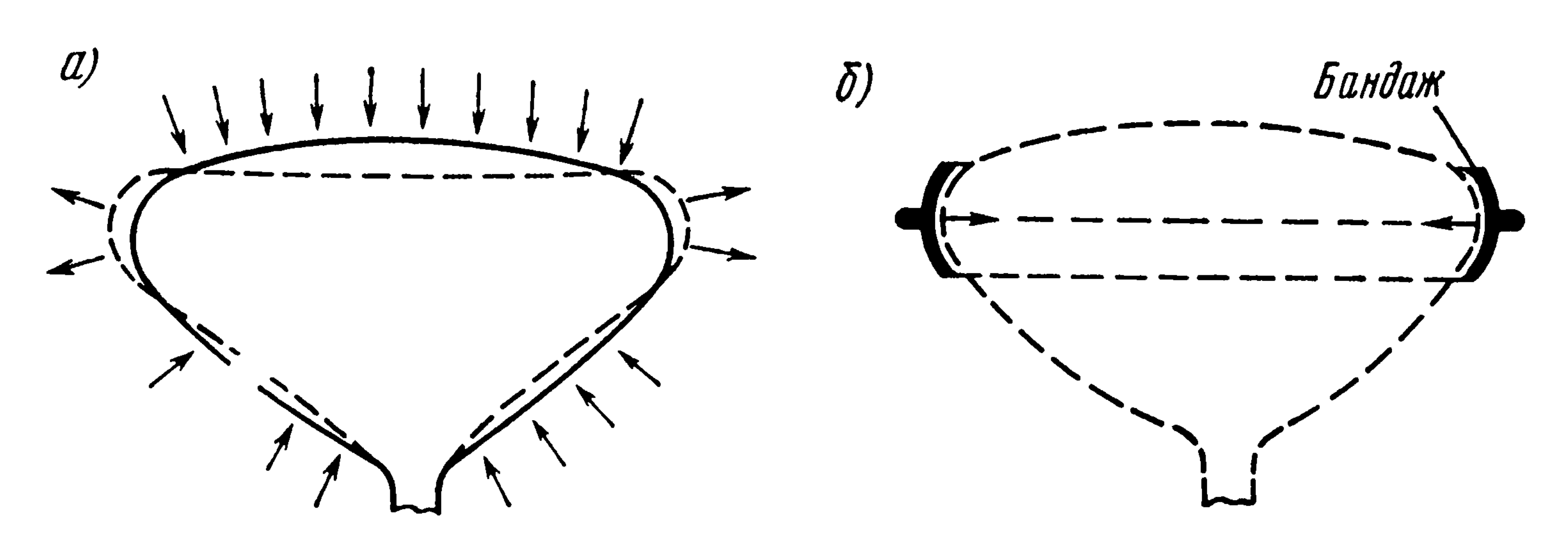


Рис. 3.7. Взрывозащита кинескопа:
а) действие атмосферного давления на кинескоп; *б)* принцип действия системы взрывозащиты

кинескопа. Но из-за неоднородности стекла сопротивление места сварки резко снижается, а при эксплуатации кинескопа, когда изменяется окружающая температура, влажность, атмосферное давление, в зоне сварки образуются микротрещины, которые могут постепенно углубляться. Этот процесс ослабляет прочность колбы, в результате чего она самопроизвольно разрушается, т. е. происходит взрыв. Поэтому промежуток между металлическим бандажом, который состоит из двух пластин листовой стали толщиной 0,8 мм, и стеклом заполняется веществом, которое имеет такой же коэффициент расширения, как и стекло. Это предотвращает возможность появления трещин, а также делает невозможным их увеличение. Если же стекло все-таки в этой зоне деформировано, то расширение трещины будет медленным и незначительным, что приведет к разрушению колбы без взрыва.

Одной из важных составных частей кинескопа является его экран, который обладает способностью светиться под действием бомбардирующих его электронов. Это явление происходит потому, что попадающие на экран электроны возбуждают люминофор.

Контрастность изображения, т. е. отношение яркостей самой светлой точки изображения на экране к самой темной, зависит не только от качества люминофора, но и от паразитной засветки экрана. Ее источниками являются ореол вокруг светящейся точки экрана, внутренние засветки и внешняя подсветка экрана.

Явление ореола возникает за счет того, что при попадании электронов на экран светящиеся точки излучают свет во всех направлениях (рис. 3.8). Световые лучи прямого направления частично проходят через переднее стекло трубки и создают видимое изображение, а частично отражаются от внешней поверхности стекла и, возвращаясь к экрану, освещают его с внешней стороны вокруг светящейся точки. В результате вокруг светящейся точки создается кольцеобразное свечение, называемое ореолом. Ореол уменьшает детальную контрастность изображения (контрастность рядом расположенных деталей).

Световые лучи обратного направления попадают на стенки трубки и, отражаясь от них, засвечивают всю поверхность экрана, увеличивая яркость темных мест изображения и тем самым уменьшая его контрастность. Это явление называется внутренней засветкой. Засветка значительно снижается из-за покрытия конической части колбы графитовым слоем (аквадагом), который сильно поглощает свет. Кроме того, благодаря специальной форме колбы отраженный свет попадает на экран ослабленным после многочисленных отражений. Световые лучи, многократно отражаясь от стенок колбы, теряют свою энергию, так как при каждом отражении 95% света поглощается аквадагом. Однако полностью устранить внутреннюю засветку позволяет только металлизация экрана.

Металлическая (обычно алюминиевая) пленка толщиной десятые доли микрона наносится на люминофор (рис. 3.9). Эта пленка непроницаема для света, но легко пронизывается быстрыми электронами, не разрушаясь при этом. Пленка соединяется со вторым анодом внутри трубки, что делает потенциал экрана всегда равным потенциалу второго анода.

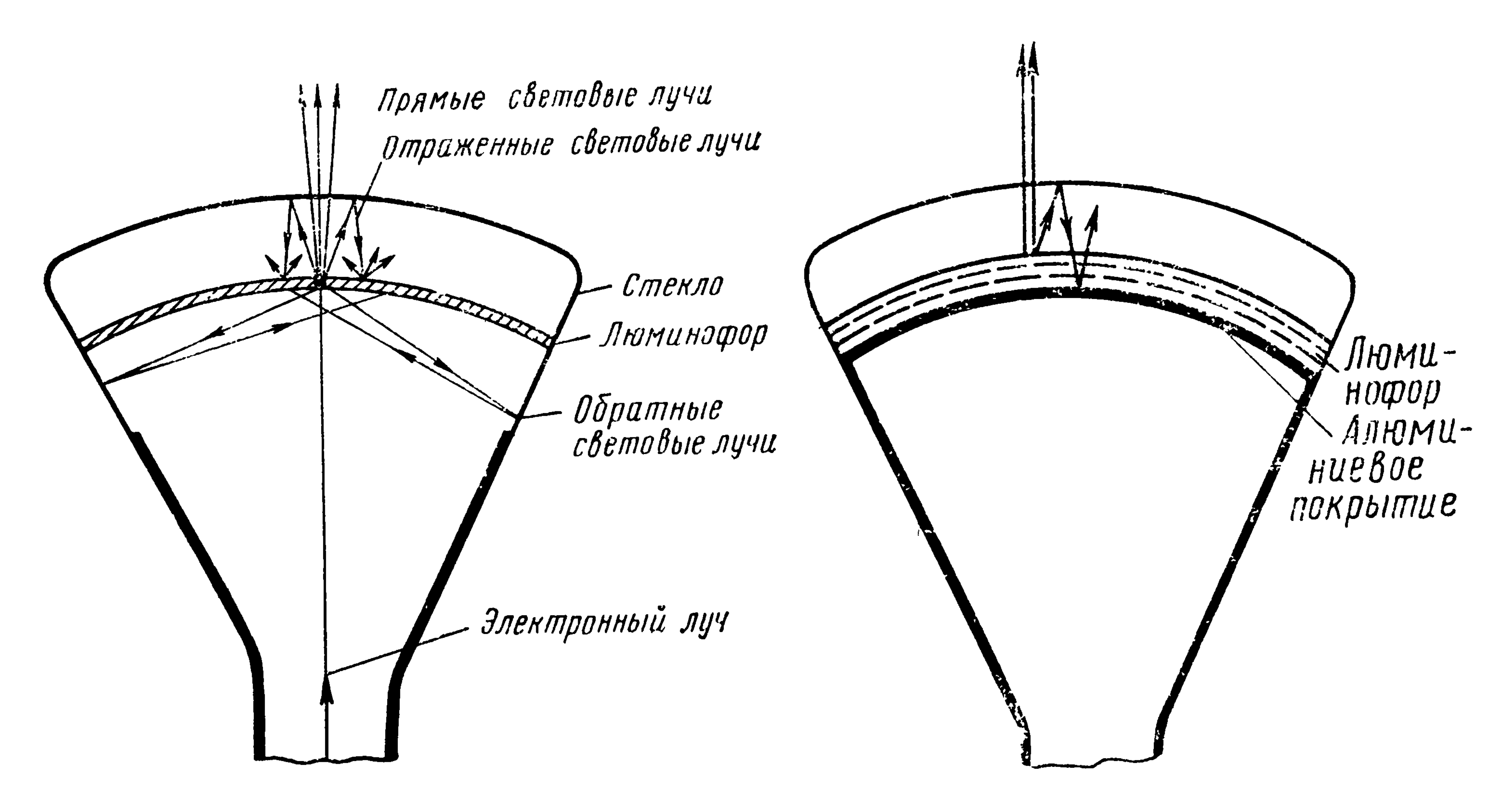


Рис. 3.8. Образование ореола на экране кинескопа

Рис. 3.9. Кинескоп с металлизацией экрана

Металлизированные экраны увеличивают яркость изображения и устраняют внутреннюю засветку потому, что для световых лучей пленка металла является зеркалом, отражающим свет в сторону зрителя.

Явление ореола несколько уменьшается при применении дымчатого стекла для дна колбы. В этом случае световые лучи, создающие ореол, проходят дважды через дымчатое стекло с большим поглощением и теряют бóльшую часть своей энергии, тогда как полезные световые лучи проходят через это стекло один раз. Яркость изображения при этом снижается, но за счет металлизации экрана по яркости имеется значительный запас. Дымчатое стекло уменьшает также влияние внешних засветок от посторонних источников света, так как и в этом случае световые лучи, прежде чем попасть в глаз зрителя, дважды проходят через дымчатое стекло.

Форма колбы кинескопа определяется, при прочих равных условиях, еще и углом отклонения луча. В § 3.4 было выявлено, что длина трубки тем больше, чем меньше угол отклонения луча. Для уменьшения габаритов всего телевизора желательно, чтобы кинескопы были более короткими. Отечественная электровакуумная промышленность выпускает кинескопы с углом отклонения 70, 90 и 110°. Большинство выпускаемых кинескопов являются стеклянными. Однако ранее выпускаемые кинескопы, имеющие по диагонали более 40 см, изготовлялись металлостеклянными: из металла изготовлялась коническая часть колбы. Это значительно снижало вес кинескопов.

3.6. Ионное пятно

При работе кинескопа оксидный катод излучает не только электроны, но и отрицательные ионы, масса которых в 1800 раз больше массы электронов. Отклоняющее и фокусирующее поля не воздействуют на тяжелые ионы, и поэтому они летят к экрану широким, расходящимся несфокусированным пучком (рис. 3.10). Ударяясь

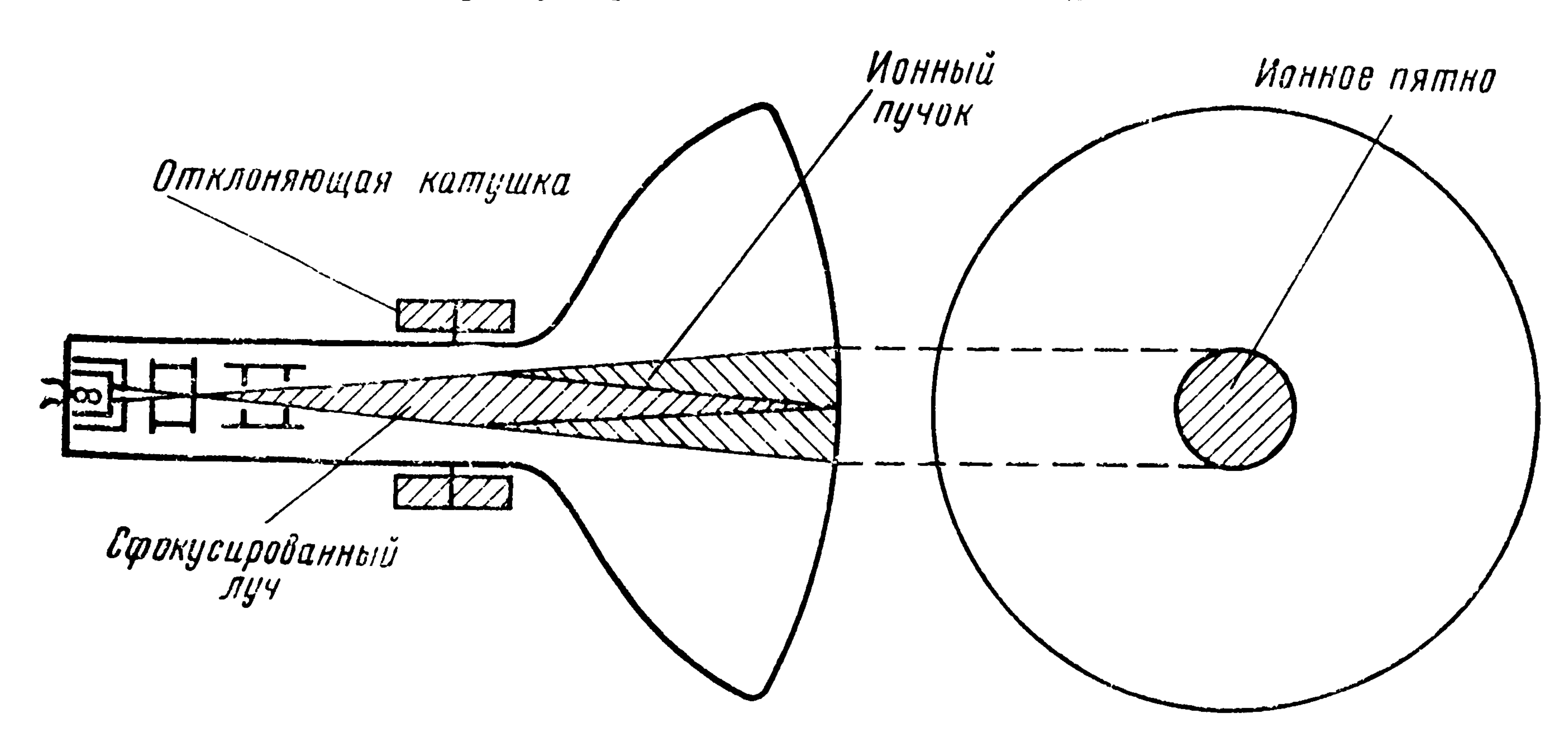


Рис. 3.10. Образование ионного пятна

об экран, тяжелые ионы разрушают люминофор в центре экрана и уменьшают на этом участке светоотдачу. Изображение, расположенное на участке ионного пятна, воспроизводится менее ярким.

Для борьбы с ионным пятном электронные прожекторы снабжают специальными ионными ловушками. Принцип действия ионных ловушек основан на том, что магнитное поле почти не отклоняет тяжелые ионы и сильно отклоняет электроны.

В современных кинескопах наиболее распространены два типа ионных ловушек — с изогнутым прожектором и с косой электростатической линзой. В первом типе ловушки ось катода и управляющего электрода наклонена по отношению к оси колбы (рис. 3.11*а*). Электроны и ионы влетают в поле первого анода под

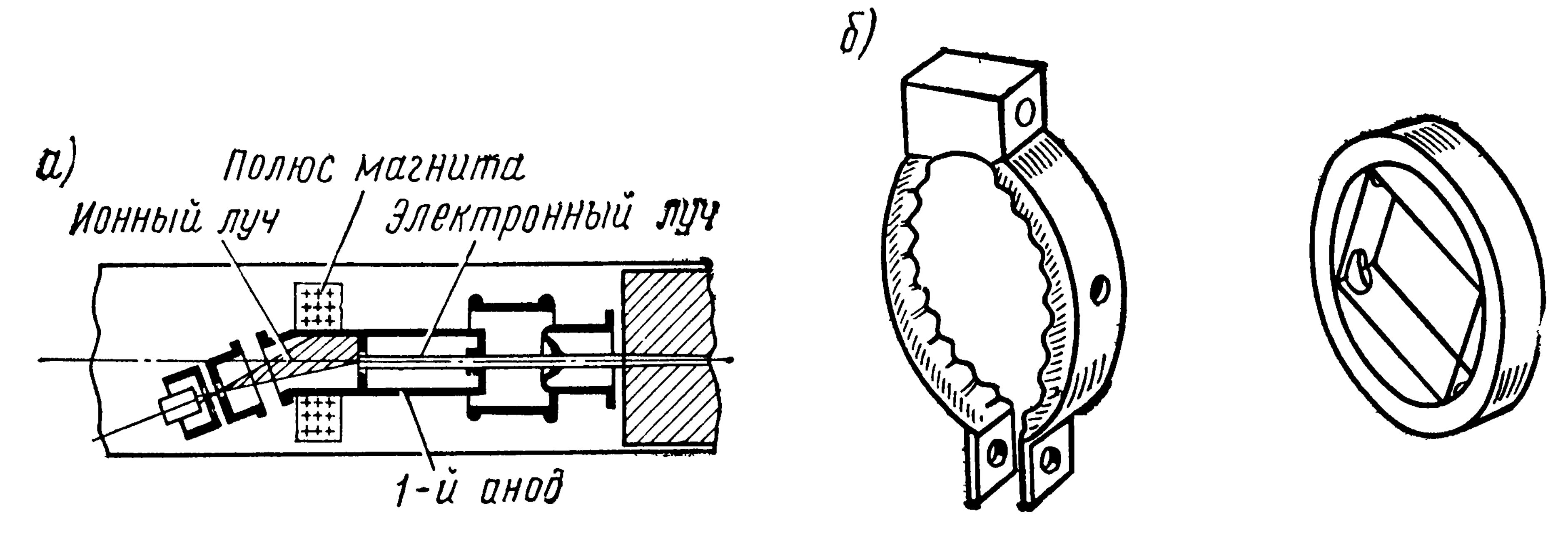


Рис. 3.11. Электронный прожектор с ионной ловушкой и постоянные магниты ионной ловушки

углом и попадают в магнитное поле, которое создается специальным постоянным магнитом (рис. 3. 11*б*), надетым снаружи на горловину кинескопа.

Под действием поля постоянного магнита траектория электронов изгибается, и они возвращаются к оси колбы, ионы этим полем не отклоняются и оседают на первом аноде.

Во втором типе ловушки электроны и ионы вылетают из катода вдоль оси колбы (рис. 3.12). В поле косого разреза между ускоряющим электродом *1* и первым анодом *5* траектории электронов и ионов искривляются, так как силовые линии электрического поля наклонены к оси колбы. Влетев в поле первого анода, электроны и ионы попадают в магнитное поле вспомогательных постоянных магнитов *2*. На траекторию ионов магнитное поле не влияет и они оседают на стенке первого анода, а траектория электронов *4* изгибается и они направляются вдоль оси колбы.

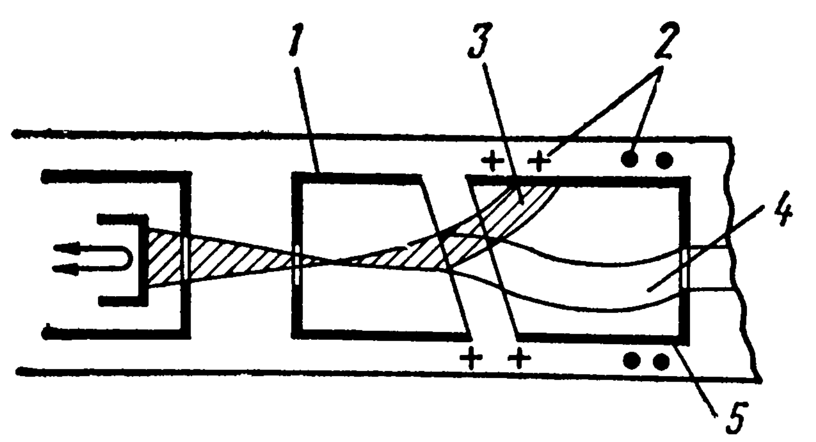


Рис. 3.12. Ионная ловушка со скошенной электростатической линзой

При эксплуатации кинескопов с ионными ловушками необходимо правильно устанавливать корректирующие магниты на горловине кол-

бы. Неточная установка магнита уменьшает яркость свечения экрана и снижает качество фокусировки.

В кинескопах с алюминированным экраном ионные ловушки не нужны, так как металлическая пленка непроницаема для медленно летящих ионов.

3.7. Модуляционная характеристика кинескопа

Модуляционной характеристикой кинескопа называется зависимость тока луча от напряжения на управляющем электроде (рис. 3.13). Так как яркость свечения экрана практически пропорциональна току луча, то модуляционная характеристика показывает также зависимость яркости от напряжения на управляющем электроде.

Модуляционная характеристика напоминает по своей форме анодно-сеточную характеристику триода, так как действие управляющего электрода на ток луча аналогично действию управляющей сетки на анодный ток.

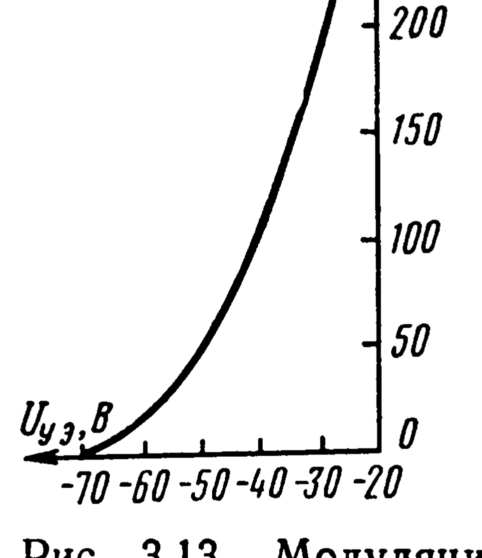


Рис. 3.13. Модуляционная характеристика кинескопа

Из характеристики видно, что при больших отрицательных напряжениях на управляющем электроде ток луча равен нулю, в это время трубка заперта и экран не светится.

Модуляционной характеристикой пользуются для определения необходимой величины сигнала изображения и для выбора правильного режима работы кинескопа.

Правильным режим будет в том случае, если сигнал изображения будет попадать на прямолинейный участок модуляционной характеристики, так как только в этом случае яркость светящегося пятна на экране кинескопа будет точно соответствовать изменению напряжения сигнала изображения.

3.8. Основные типы кинескопов

Кинескопы имеют условные обозначения, состоящие из четырех элементов. Первый элемент — число, показывающее в сантиметрах диаметр экрана, если экран круглый, или размер экрана по диагонали, если экран прямоугольный. Второй элемент — две буквы, указывающие способ отклонения луча: *ЛК* (лучевой кинескоп) — магнитное отклонение. Третий элемент — число, номер заводской разработки трубки. Четвертый — буква, показывающая цвет свечения экрана (*Б* —белое, *Ц* — трехцветное).

В табл. 3.1 представлены основные данные отечественных кинескопов, которые используются в массовых телевизорах.

Контрольные вопросы

1. В чем преимущества электростатической фокусировки?
2. В чем преимущества пентодного прожектора по сравнению с триодным и тетродным?

Таблица 3.1

Основные данные кинескопов

Тип кинескопа	Размер растра, мм	Угол отклонения луча, град.	Напряжение на 2-м аноде, кВ	Напряжение на фокусирующем электроде, В	Напряжение на ускоряющем электроде, В	Запирающее напряжение модулятора, В	Размах видеосигнала, В	Форма экрана
11ЛК1Б	67×84	55	9	0—250	300	—(15÷35)	13	Прямоугольная
16ЛК1Б	92×116	70	9	0—450	300	—30	15	Круглая
23ЛК9Б	135×180	90	9	0—250	300	—(25±10)	15	»
35ЛК2Б	217×288	70	12	—100÷+425	300	—(60±30)	25	Прямоугольная
35ЛК6Б	217×288	70	12	—100+÷425	300	—(60±30)	25	»
43ЛК3Б	270×360	70	14	—100÷+425	300	—(60±30)	25	»
43ЛК9Б	300×375	110	14	—100÷+425	300	—(30÷85)	25	»
47ЛК2Б	305×384	110	16	0—400	400	—(50÷110)	32	»
53ЛК6Б	382×484	110	16	—100÷+425	300	—(55±25)	30	»
59ЛК2Б	385×470	110	16	0÷400	400	—(30÷80)	44	»
61ЛК1Б	375×480	110	16—20	0÷400	400	—(40÷77)	—	»
65ЛК1Б	416×580	110	20	0÷400	400	—(40÷90)	—	»

3. От каких величин зависит максимальное отклонение луча по экрану?
4. Почему современные кинескопы взрывобезопасны?
5. В чем заключается явление ореола?
6. Какие причины вызывают снижение контрастности изображения на экране кинескопа?
7. Для чего алюминируют экран?
8. В чем отличие кинескопов с углом отклонения луча 70 и 110°?
9. Какие меры применяются для борьбы с ионным пятном?
10. Поясните работу ионной ловушки с изогнутым прожектором.
11. Как работает ионная ловушка со скошенной электронной линзой?
12. Почему в кинескопах с алюминированным экраном нет ионной ловушки?
13. Каково условное обозначение кинескопов?

Глава 4.

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ РАЗВЕРТКИ

4.1. Общие сведения о телевизионных развертках

В основе всех современных телевизионных систем лежит принцип поочередной передачи элементов изображения.

Процесс передачи изображения по элементам называется разверткой изображения, а порядок передачи отдельных элементов изображения называется способом развертки.

В телевизионном вещании принято равномерное движение развертывающих элементов по параллельным линиям, называемым строками.

Все строки, располагаясь одна под другой, образуют геометрическую фигуру, которая называется растром.

На рис. 4.1*а* показано образование растра. Развертывающим элементом при этом являются электронный луч кинескопа в телевизоре и электронный луч в передающей трубке на телецентре.

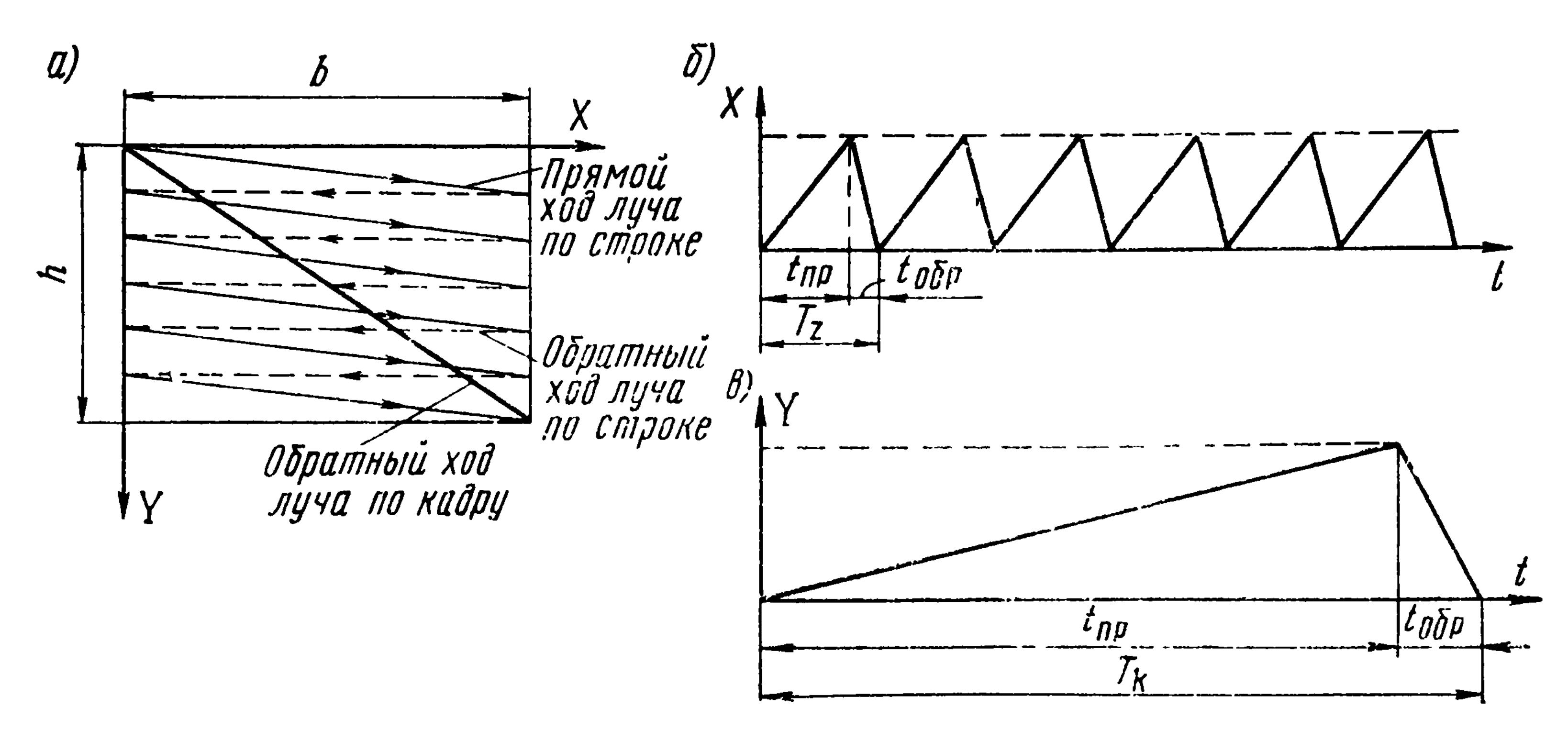


Рис. 4.1. Прогрессивная развертка изображения:

а) образование растра; *б)* временнóй график пилообразного тока для строчной развертки; *в)* временнóй график пилообразного тока для кадровой развертки

Движение развертывающего элемента (луча) вдоль оси X называется строчной разверткой, а вдоль оси Y — кадровой разверткой.

Движение луча от начала строки к концу образует прямой ход развертки, возвращение луча от конца предыдущей строки к началу следующей называется обратным ходом развертки.

Совокупность времени прямого и обратного ходов составляет период строчной развертки: $T_z = t_{пр} + t_{обр}$.

Аналогично строчной развертке кадровая развертка тоже имеет прямой и обратный ход, а период кадровой развертки $T_к = t_{пр} + t_{обр}$.

Во время обратного хода разверток передача и воспроизведение изображения не производятся, поэтому это время должно быть малым, однако практически обратный ход строчной развертки не удается сделать меньше, чем 10—12% от периода строки, а обратный ход кадровой развертки 7—8% от периода кадра.

Поскольку период кадра значительно больше периода строки, то на время обратного хода кадровой развертки приходится несколько периодов строк, которые не участвуют в образовании растра.

Телевизионные развертки характеризуются следующими параметрами: числом строк разложения в одном кадре z; числом передаваемых кадров в секунду n; форматом кадра K: отношением длины строки b к высоте кадра h. Имеются два основных вида растровой развертки: прогрессивная и чересстрочная.

4.2. Прогрессивная развертка

Развертка изображения называется прогрессивной, если все строки растра прочерчиваются последовательно одна под другой, обычно слева направо вдоль каждой строки и сверху вниз от строки к строке (рис. 4.1*а*). Слева направо луч движется за счет строчной развертки и, одновременно двигаясь вдоль строки, все время медленно опускается на уровень следующей строки за счет кадровой развертки. При большом числе строк это опускание незаметно.

После того как будет прочерчена последняя строка, будет развернут один кадр, затем луч совершит перемещение к началу первой строки растра и весь процесс повторится.

Число кадров в одну секунду должно быть не менее 45—50, так как при меньшей частоте будет наблюдаться неприятное мелькание изображения.

Число строк разложения определяет четкость, поэтому его желательно брать большим. Чем больше число строк, тем на более мелкие элементы разбивается изображение, а следовательно, лучше будет четкость.

На рис. 4.1*б, в* показаны графики токов строчной и кадровой разверток для образования растра прогрессивной развертки. Фор-

ма такого тока называется пилообразной. Период пилообразного тока имеет время прямого хода $t_{пр}$ и время обратного хода $t_{обр}$.

Эти токи одновременно создают в отклоняющих катушках такое магнитное поле, которое и осуществляет перемещение луча слева направо по строке и сверху вниз по кадру.

Количество кадров в одну секунду n берется равным 50, а частота генератора кадровой развертки, который вырабатывает ток пилообразной формы, равна 50 Гц. Современная техника позволяет брать число строк разложения до 1000 и более, но такое большое число строк вызывает значительное усложнение аппаратуры и ряд других трудностей.

Телевизионным стандартом СССР принято номинальное число строк разложения, равное 625, при котором получается оптимальный технический компромисс между качеством изображения и сложностью аппаратуры.

Формат кадра $K = b/h = {}^4/_3$.

Частота генератора строчной развертки, который вырабатывает ток пилообразной формы для отклонения луча по строке, $f_{стр} = zn$.

Таким образом, параметры прогрессивной развертки следующие: число строк разложения $z=625$; число кадров $n=50$; формат кадра $K=4/3$; частота генератора кадровой развертки $f_к=50$ Гц; частота генератора строчной развертки $f_{стр}=zn=625\times50=$ $=31\,250$ Гц.

Как будет показано ниже, при таких параметрах развертки полоса частот, которую занимает одна программа телевидения в эфире, получается недопустимо большой.

4.3. Чересстрочная развертка

Для сужения полосы частот, занимаемой видеосигналом, возможны два способа: либо уменьшение числа строк разложения, но при этом будет меньшей четкость изображения, либо уменьшение числа кадров n, но при этом будет заметным мелькание изображения.

Чересстрочная развертка сокращает полосу частот в два раза за счет того, что один кадр передается в два приема, подобно тому, как в кино каждый кадр показывается два раза, в этом случае при 24 кинокадрах в секунду зритель видит 48 кадров и не замечает мельканий картинок.

Полный кадр при чересстрочной развертке состоит из двух полукадров или полей. За время развертки первого поля прочерчиваются все нечетные строки, а за время развертки второго поля — все четные строки кадра. Это дает возможность уменьшить число кадров в секунду вдвое.

Каждое поле содержит информацию о половине элементов изображения, но благодаря инерционности глаза изображение обоих полей воспринимается как слитное изображение целого кадра. При

этом следует иметь в виду, что при 625 строках разложения сюжет изображения одной строки мало отличается от сюжета изображения следующей строки.

При совмещении полей строки чередуются, образуя кадр с полным числом строк z (рис. 4.2*а*). На рисунке число строк взято равным 15.

Видно, что движение электронного луча в первом полукадре начинается в левом верхнем углу; луч прочерчивает первую стро-

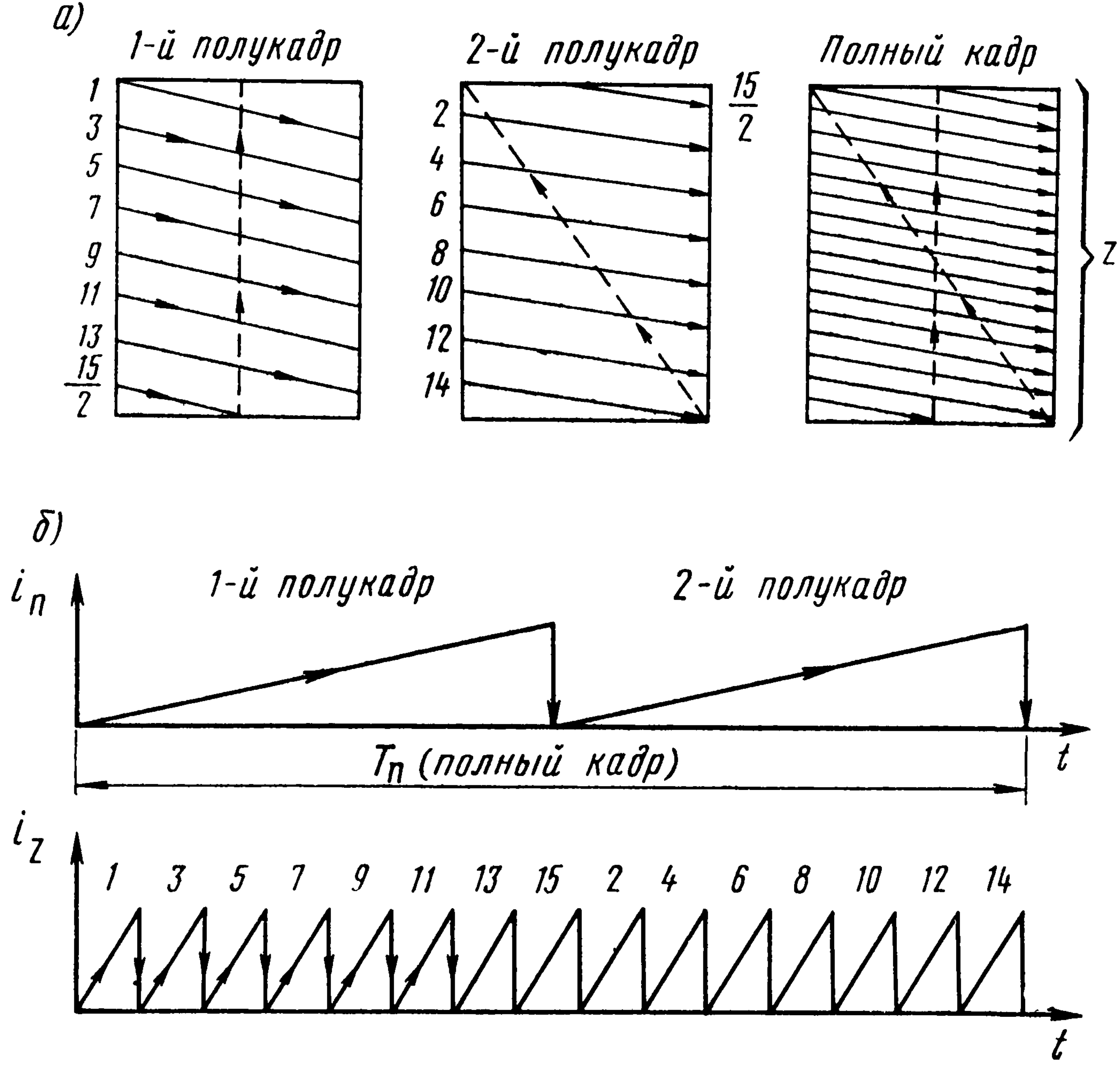


Рис. 4.2. Чересстрочная развертка изображения: *а*) образование растра; *б*) временны́е графики

ку, смещается под действием кадрового отклоняющего поля к концу первой строки на уровень третьей строки, прочерчивает 3, 5, 7-ю и т. д. все нечетные строки и, наконец, последнюю строку, которую он прочерчивает не полностью, а половину. Затем во втором полукадре луч перемещается на середину верхнего края, прочерчивает половину оставшейся последней нечетной строки, смещаясь при этом на уровень второй строки, и прочерчивает все четные строки растра (2, 4, 6, 8 и т. д.).

Развертка последней четной строки заканчивается в нижнем правом углу кадра. Отсюда луч возвращается в верхний левый угол, и весь процесс начинается сначала.

Необходимая при этом форма токов кадровой и строчной разверток показана на рис. 4.2*б*.

Частота генератора, осуществляющего отклонение по кадру, должна быть равна частоте полей.

Число полей берется равным 50, а число полных кадров n будет вдвое меньше, т. е. 25.

При этом получаются следующие параметры чересстрочной развертки: число строк разложения $z=625$; число кадров $n=25$; число полей $2n=50$; формат кадра $K=4/3$, частота генератора кадровой развертки $f_к=50$ Гц; частота генератора строчной развертки $f_{стр}=zn=625 \cdot 25=15\,625$ Гц.

Следует отметить, что число строк разложения в обоих видах разверток взято одинаковым и равным 625 для сравнения параметров, хотя при прогрессивной развертке число строк должно быть четным.

4.4. Частотный спектр сигнала изображения

Для определения требуемой полосы пропускания канала связи, по которому передается телевизионное изображение, необходимо знать частотный спектр телевизионного сигнала, т. е. нижнюю и верхнюю граничные частоты сигналов изображения.

Частотный спектр зависит от характера изображения и от параметров развертки. Нижняя граничная частота видеосигнала соответствует изображению, у которого минимальное число изменений яркости, т. е. содержащему наименьшее число деталей. Таким изображением является неподвижная картинка, состоящая из двух деталей разной яркости (рис. 4.3*а*). При прогрессивной развертке в течение одного кадра через нагрузку передающей трубки протекает один импульс тока (рис. 4.3*б*), а при чересстрочной — два. Число импульсов за одну секунду и будет представлять собой частоту сигнала самой крупной детали изображения.

Поэтому нижняя граничная частота видеосигнала $f_н$ определяется частотой генератора кадровой развертки как $f_к$.

Для определения самой высокой частоты спектра, которая соответствует самой маленькой детали изображения, берется неподвижная картинка, имеющая максимально возможное число деталей, равное числу элементов разложения N (рис. 4.3*в*). Но так как каждые два соседних элемента изображения — белый и черный — дают один импульс, то верхняя граничная частота сигнала изображения будет в два раза меньше числа элементов изображения, передаваемых за одну секунду. При развертке двух соседних элементов изображения получается импульс тока с периодом T_z (рис. 4.3*г*). Подсчитаем общее число таких импульсов в одном кадре, а затем во всех кадрах за секунду, так как это и будет верхняя граничная частота видеосигнала.

За один период кадровой развертки передается z строк. Минимальная высота элемента изображения d равна высоте строки. Поэтому по высоте h уложится z элементов. Вдоль одной строки таких элементов будет в K раз больше, где K — формат кадра, равный b/h, следовательно, общее число элементов в одном кадре будет равно произведению числа элементов, укладывающихся по

высоте кадра z, на число элементов, укладывающихся по строке Kz, т. е. $N = Kz^2$.

За одну секунду передается n кадров, поэтому число элементов изображения, передаваемых за одну секунду, будет в n раз больше: $N_к = Kz^2n$, а верхняя граничная частота сигнала изображения,

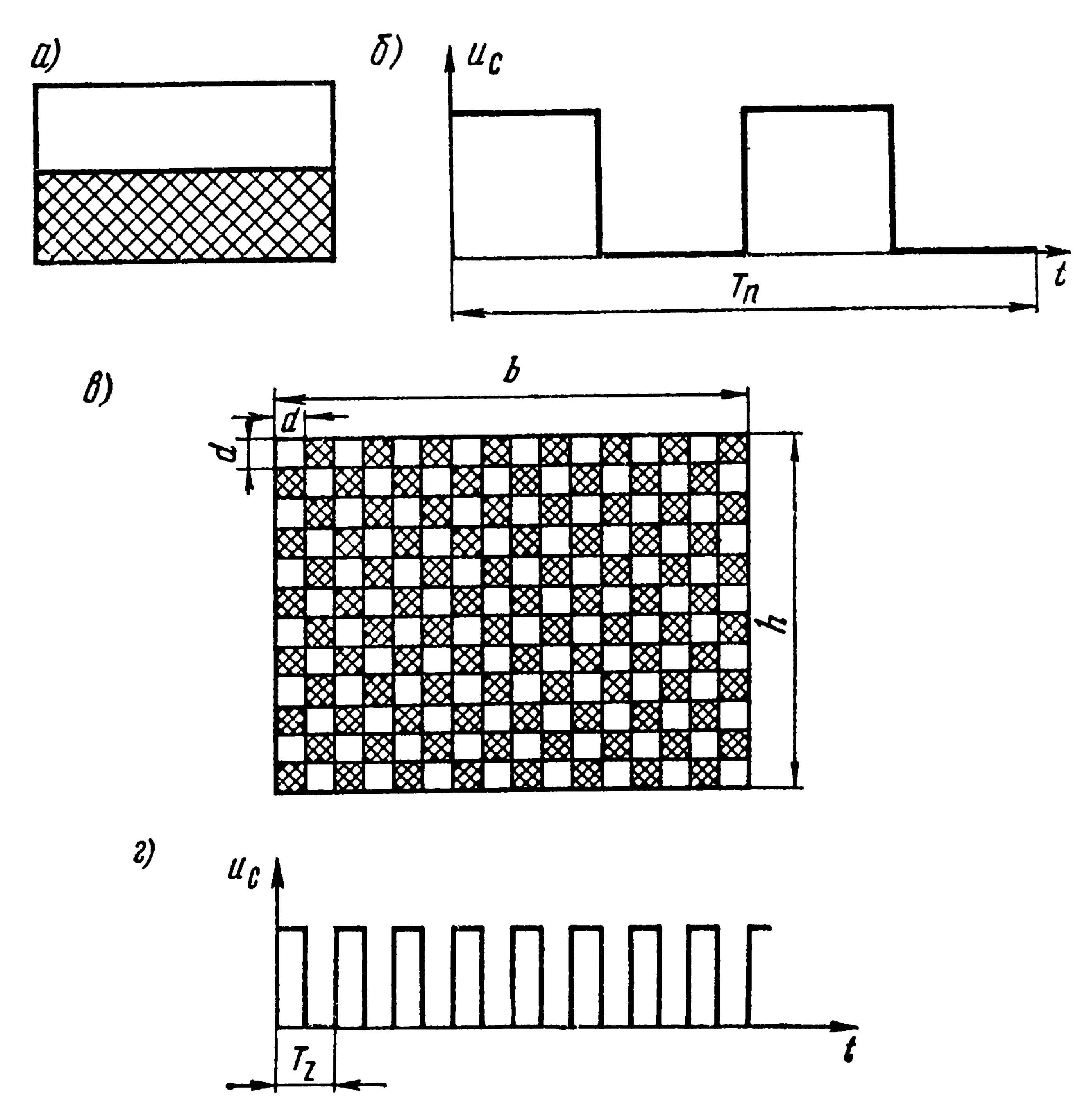


Рис. 4.3. К определению верхней и нижней граничных частот видеосигнала:

а) наиболее простое изображение и его видеосигнал; *б)* наиболее сложное изображение и его видеосигнал

которая в два раза меньше числа элементов, передаваемых за одну секунду, будет:

$$\text{для прогрессивной развертки } f_в = \frac{\frac{4}{3} \times 625 \times 50}{2} = 13 \text{ МГц};$$

$$\text{для чересстрочной развертки } f_в = \frac{\frac{4}{3} \times 625 \times 25}{2} = 6{,}5 \text{ МГц}.$$

Из приведенных примеров видно, что при чересстрочной развертке полоса частот видеосигнала в два раза меньше, чем при прогрессивной развертке. Это обстоятельство и определило тот факт, что чересстрочная развертка применяется в телевизионном вещании всех стран мира.

Низшая частота $f_н$ для обеих разверток равна 50 Гц.

Контрольные вопросы

1. Что такое развертка изображения?
2. Что такое растр?
3. Что такое прямой и обратный ход луча?
4. В чем заключается принцип прогрессивной развертки?
5. Каковы параметры прогрессивной развертки?
6. Что такое чересстрочная развертка?
7. Как осуществляется чересстрочная развертка?
8. Каковы параметры чересстрочной развертки?
9. Почему чересстрочная развертка наиболее распространена?
10. Что такое нижняя граничная частота сигнала изображения? Как она определяется?
11. Что такое верхняя граничная частота сигнала изображения при чересстрочной развертке и как она определяется?
12. Чему равна полоса частот видеосигнала при чересстрочной развертке?

Глава 5.

ПОЛНЫЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ СИГНАЛ

5.1. Общие сведения

Упрощенная форма полного телевизионного сигнала показана на рис. 5.1.

Полный телевизионный сигнал содержит сигналы изображения (постоянную и переменную составляющие) *1*, синхронизирующие

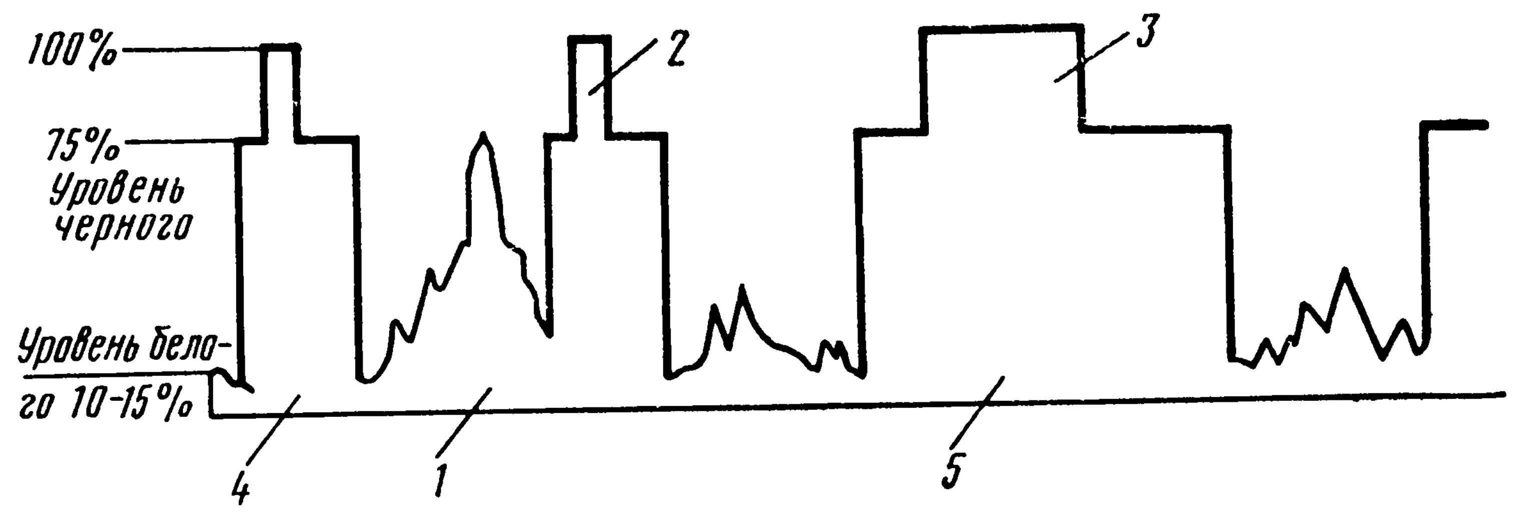


Рис. 5.1. Упрощенная форма телевизионного сигнала

строчные и кадровые импульсы *2* и *3*, гасящие строчные и кадровые импульсы *4* и *5*.

5.2. Образование сигнала изображения и понятие об уровнях сигнала

Как было выяснено в § 1.5, в процессе развертки яркость каждого элемента изображения при помощи фотоэлемента преобразуется в импульс напряжения или тока. Совокупность электрических импульсов, пропорциональных яркости передаваемых элементов изображения, образует сигнал изображения — видеосигнал.

Величина видеосигнала определяется его полным размахом, т. е. разностью между максимальным и минимальным значениями напряжения, и выражается в вольтах.

Свет по своей природе униполярен, так как яркость не может быть отрицательной величиной. Видеосигнал, пропорциональный яркости изображения, тоже униполярен, т. е. изменяется в одну сторону от нулевого значения, и поэтому имеет среднюю составляющую, которая пропорциональна средней яркости передаваемого изображения — фону, на котором ведется передача.

Уровень видеосигнала, соответствующий самому темному изображению, называется у р о в н е м ч е р н о г о.

Уровень, на котором передаются сигналы от самых ярких элементов изображения, называется у р о в н е м б е л о г о.

Сигналы от элементов изображения, имеющих среднюю яркость, занимают промежуточный уровень.

Если уровню белого соответствует максимальное значение видеосигнала, то такой сигнал называется позитивным. Если уровню белого соответствует минимальное значение видеосигнала, то сигнал называется н е г а т и в н ы м.

На рис. 5.2 показано образование видеосигнала от изображения, имеющего четыре оттенка яркости (рис. 5.2*а*). Под действием пилообразного тока в строчных отклоняющих катушках (рис. 5. 2*b*) электронный луч в передающей трубке скользит по мишени и снимает с нее заряд.

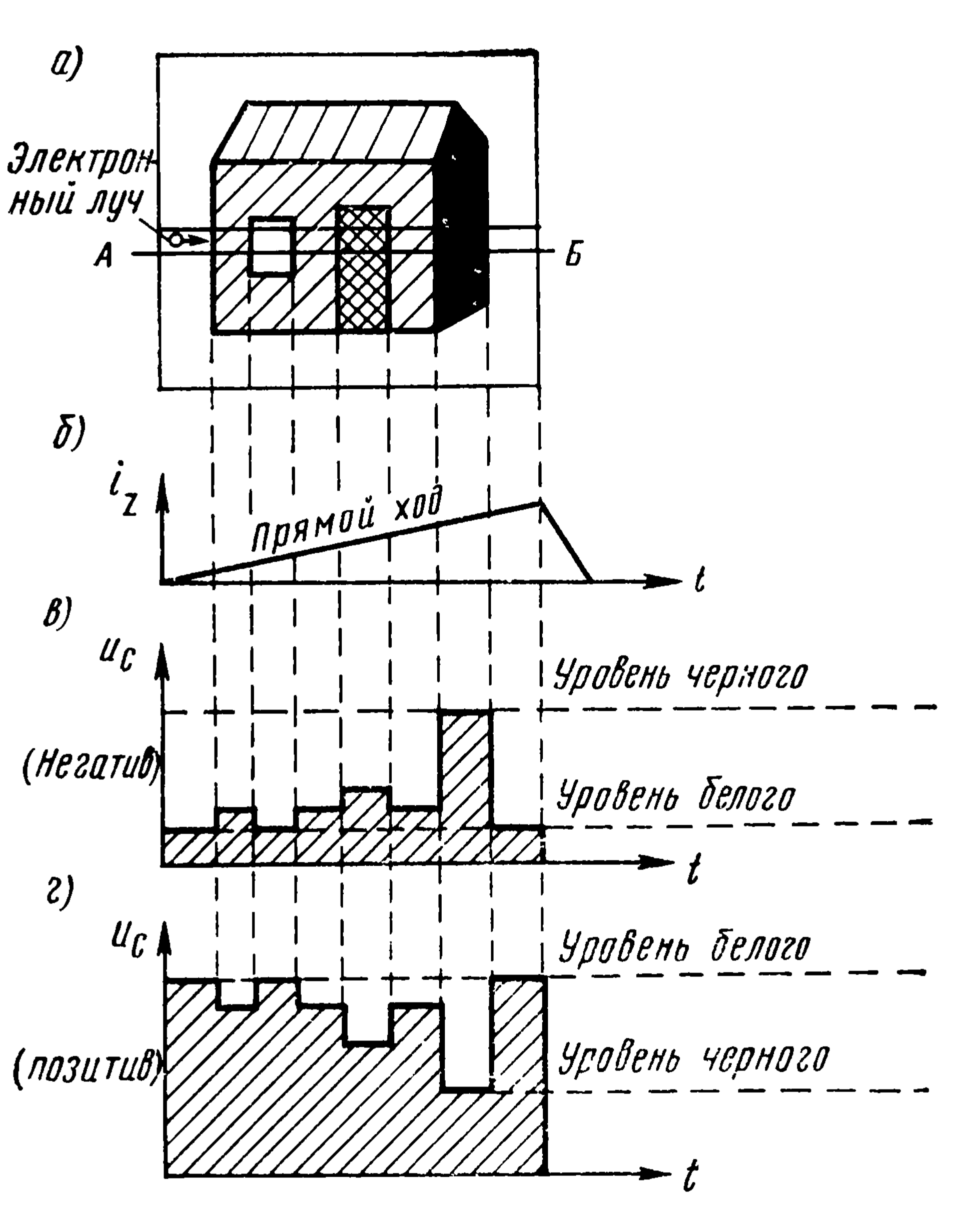


Рис. 5.2. Образование сигнала изображения

На рис. 5. 2*в* показан негативный сигнал изображения за отрезок времени, в течение которого луч скользит по строке *АБ*. Негативным этот сигнал будет потому, что максимальное его значение соответствует темным элементам изображения (теневая сторона домика).

На рис 5. 2*г* показан сигнал от того же изображения, но в позитиве, так как самым ярким местам изображения соответствует максимальное значение видеосигнала.

Если сигнал в негативной полярности подать на управляющий электрод кинескопа, то на экране возникает негативное изображение, т. е. светлые места изображения будут темными, а темные — светлыми.

В процессе усиления полярность сигнала после каждого каскада усиления изменяется на обратную, поэтому при правильном выборе числа каскадов на экране кинескопа получается позитивное изображение.

5.3. Постоянная составляющая сигнала изображения

Постоянной составляющей сигнала изображения называется среднее значение сигнала, которое отображает среднюю яркость изображения. Среднее значение сигнала за строку пропорционально средней яркости этой строки. Среднее значение сигнала за кадр (время передачи всех элементов изображения) пропорционально средней яркости всего изображения.

Значение постоянной составляющей зависит, во-первых, от характера самого объекта (соотношение площадей ярких и темных элементов) и, во-вторых, от освещенности объекта. Для того чтобы выяснить роль постоянной составляющей, рассмотрим условия передачи двух изображений *А* и *Б* на рис. 5.3.

В изображении *А* преобладают темные участки, так как это — узкая светлая полоска на темном фоне. В изображении *Б*, наоборот, темная полоска на светлом фоне. На рис. 5.3*а* и *б* показаны формы сигналов, получающихся при развертке этих изображений в негативе.

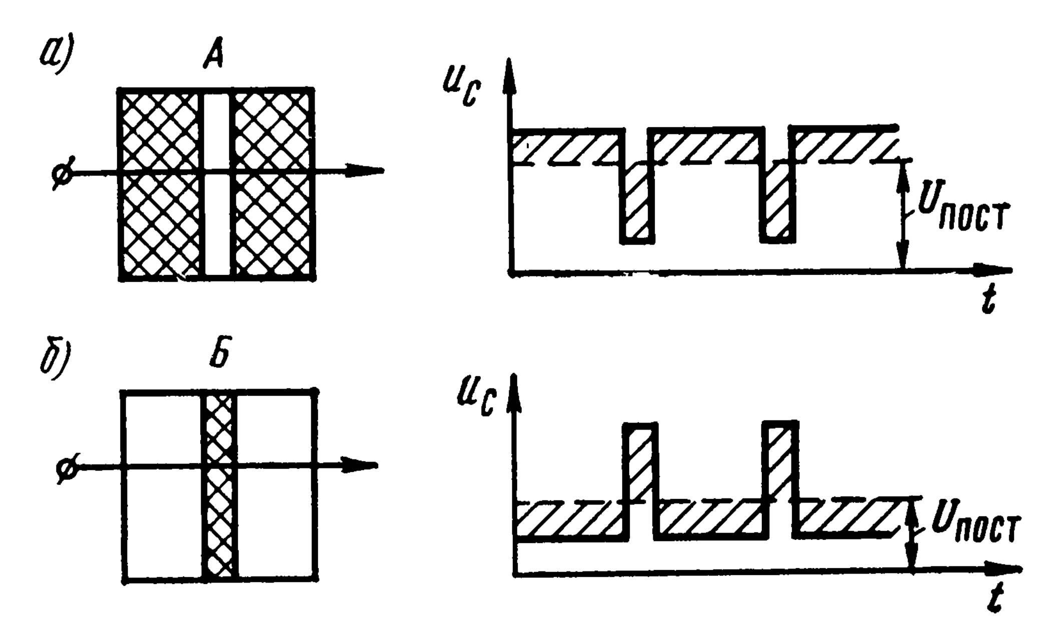


Рис. 5.3. Зависимость постоянной составляющей от характера изображения

Для изображения *А* постоянная составляющая будет значительно больше, чем для изображения *Б*. Если объект подсветить, то черные элементы станут серыми и постоянная составляющая уменьшится. Если освещение объекта ослабить, то постоянная составляющая возрастет.

Если эти же изображения передаются в позитиве, то постоянная составляющая будет больше в случае изображения *Б*.

Во время передачи изображения постоянная составляющая сигнала будет действительно постоянной только тогда, когда передается изображение неподвижных объектов при неизменной освещенности. Однако во время передачи освещенность изображения меняется, например, при передаче «дневных» и «ночных» кадров и, кроме того, меняется содержание изображения, т. е. соотношение между светлыми и темными элементами, поэтому постоянная составляющая тоже изменяется. Частота изменения очень низкая и колеблется от 0 до 2—3 Гц. Поэтому эта составляющая считается постоянной по сравнению с частотой видеосигнала. Сиг-

налы с частотами 2—3 Гц не могут передаваться через переходные конденсаторы усилительных ступеней, поэтому постоянная составляющая видеосигнала неизбежно теряется.

Потеря постоянной составляющей приводит к тому, что любая сцена независимо от ее содержания и освещенности воспроизводится на экране кинескопа с одинаковой средней яркостью и хорошо освещенные кадры не отличаются от темных. Для устранения этого искажения применяется ряд мер, которые будут рассмотрены ниже.

5.4. Синхронизирующие импульсы

Для обеспечения синхронной и синфазной работы развертывающих устройств передающих камер на телецентре и всех телевизионных приемников применяется принудительная синхронизация. Она заключается в том, что на генератор развертки подаются специальные синхронизирующие импульсы в конце каждой строки — строчные и в конце каждого полукадра — кадровые. Эти импульсы заставляют срабатывать схемы задающих генераторов всех телевизоров в один и тот же момент времени (время обратного хода луча). Синхроимпульсы передаются вместе с видеосигналом, поэтому их форма и порядок сложения с сигналом изображения должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Импульсы синхронизации должны просто и надежно отделяться от сигналов изображения. Сигналы изображения не должны при этом попадать в канал синхронизации, так как они могут вызвать срабатывание задающего генератора развертки раньше времени, а поскольку изображение изменяется, срабатывание будет нерегулярным.

2. Импульсы синхронизации строк и кадров должны существенно отличаться друг от друга с тем, чтобы в телевизоре их легко было разделить и направить по разным каналам.

Обоим этим требованиям удовлетворяют импульсы, форма которых изображена на рис. 5.1. Импульсы синхронизации при негативном изображении расположены в области выше уровня черного или, как говорят, «чернее черного». В этой области нет сигналов изображения, а это позволяет легко отделять синхроимпульсы.

Для надежной синхронизации задающих генераторов развертки амплитуда импульсов синхронизации должна составлять 25% от полного размаха видеосигнала.

Второе требование — разделение строчных и кадровых импульсов друг от друга — удовлетворяется за счет значительно большей длительности кадрового импульса по сравнению со строчным.

Длительность строчных синхроимпульсов составляет 7—10% от длительности передачи одной строки. Время передачи одной строки $H=64$ мкс. Следовательно, длительность строчного синхроимпульса составляет 5,1 мкс.

Длительность кадрового синхроимпульса $3H=192$ мкс. Таким образом, длительность импульсов кадровой синхронизации в 37,5 раза больше длительности строчных импульсов. Следует иметь в виду, что за время передачи кадрового синхроимпульса получается перерыв в следовании строчных импульсов, это приведет к тому, что строчной задающий генератор выйдет из синхронизма и в результате ряд строчных импульсов, соответствующих первым строкам изображения, уже не сможет ввести генератор в синхронизм и несколько верхних строк изображения окажется «сбитым».

Сохранение непрерывности строчной синхронизации достигается тем, что в кадровом импульсе делаются «врезки», имеющие частоту строк (рис. 5.4*б*). Спад врезки совпадает по времени с

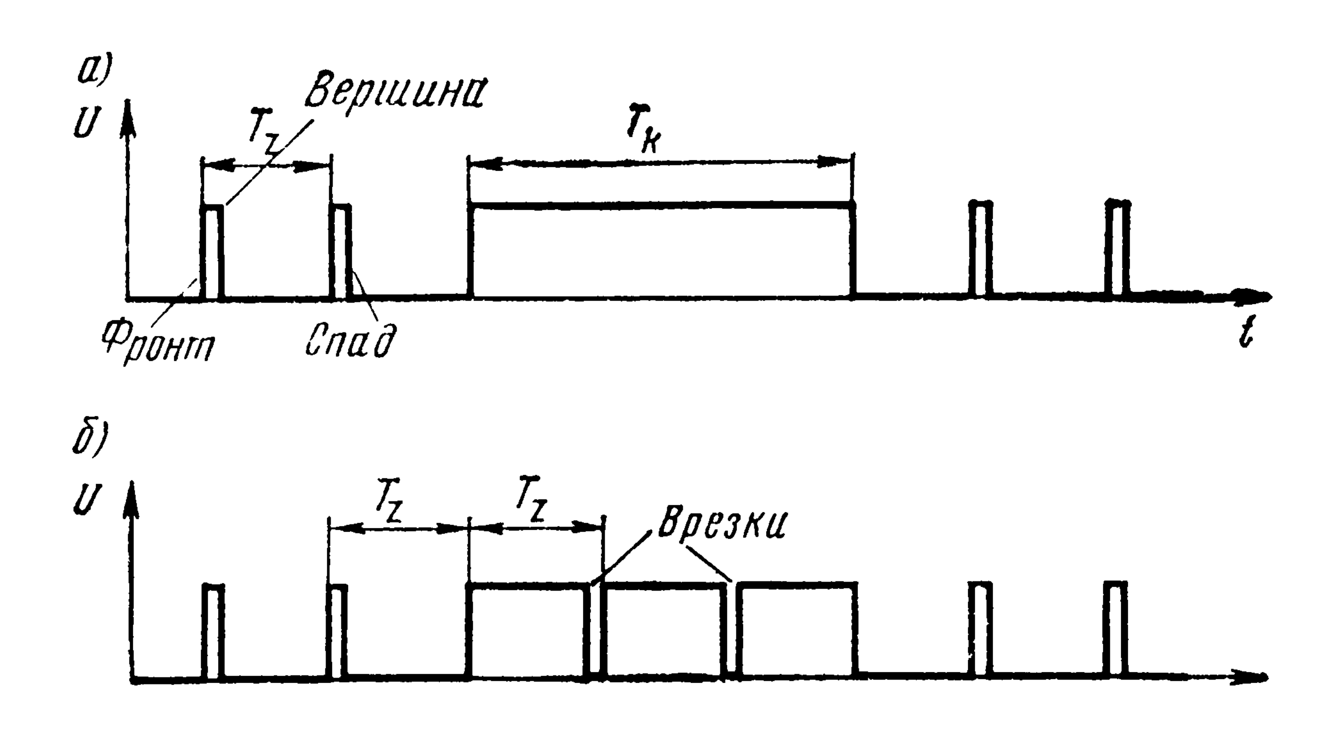


Рис. 5.4. Форма кадрового синхронизирующего сигнала: *а)* простой сигнал; *б)* сигнал с «врезками»

фронтом строчного импульса, который должен был быть в этом месте. При этом соответствующие цепи телевизора выделяют строчные синхроимпульсы бесперебойно и синхронизация строчного задающего генератора будет непрерывной.

При использовании чересстрочной развертки форма кадровых синхроимпульсов еще более усложняется. Объясняется это тем, что кадровый синхроимпульс, следующий за нечетными строками, начинается после передачи половины последней строки, а кадровый синхроимпульс, следующий за четными строками, начинается после передачи целой четной строки (рис. 5.5*а*). Из-за присутствия врезок и наличия сдвига между кадровыми импульсами синхронизации последние получаются неодинаковыми по форме: импульсы четных и нечетных полей прорезаны разным числом врезок. Такая разница в форме приведет к тому, что начала обратных ходов четного и нечетного полей будут сдвинуты во времени и нарушится чересстрочность разложения. Это ухудшает качество изображения, так как уменьшается число строк в растре и, как следствие, уменьшается четкость в вертикальном направлении. Поэтому необходимо так изменить форму кадровых синхроимпуль-

сов, чтобы в результате они стали одинаковыми для четных и нечетных полей.

Очевидно, если врезки сделать не со строчной, а с двойной строчной частотой, то кадровые синхроимпульсы будут прорезаны одинаковым числом строчных синхроимпульсов (рис. 5.5*б*). Но так как нечетный полукадровый импульс отстоит от последнего строчного синхроимпульса на время, равное 1/2 строки (*H*/2), а четный — на время целой строки (*H*), то некоторая разница в форме полукадровых импульсов все-таки получится при их выделении в телевизоре. Чтобы устранить и эту причину нарушения точного че-

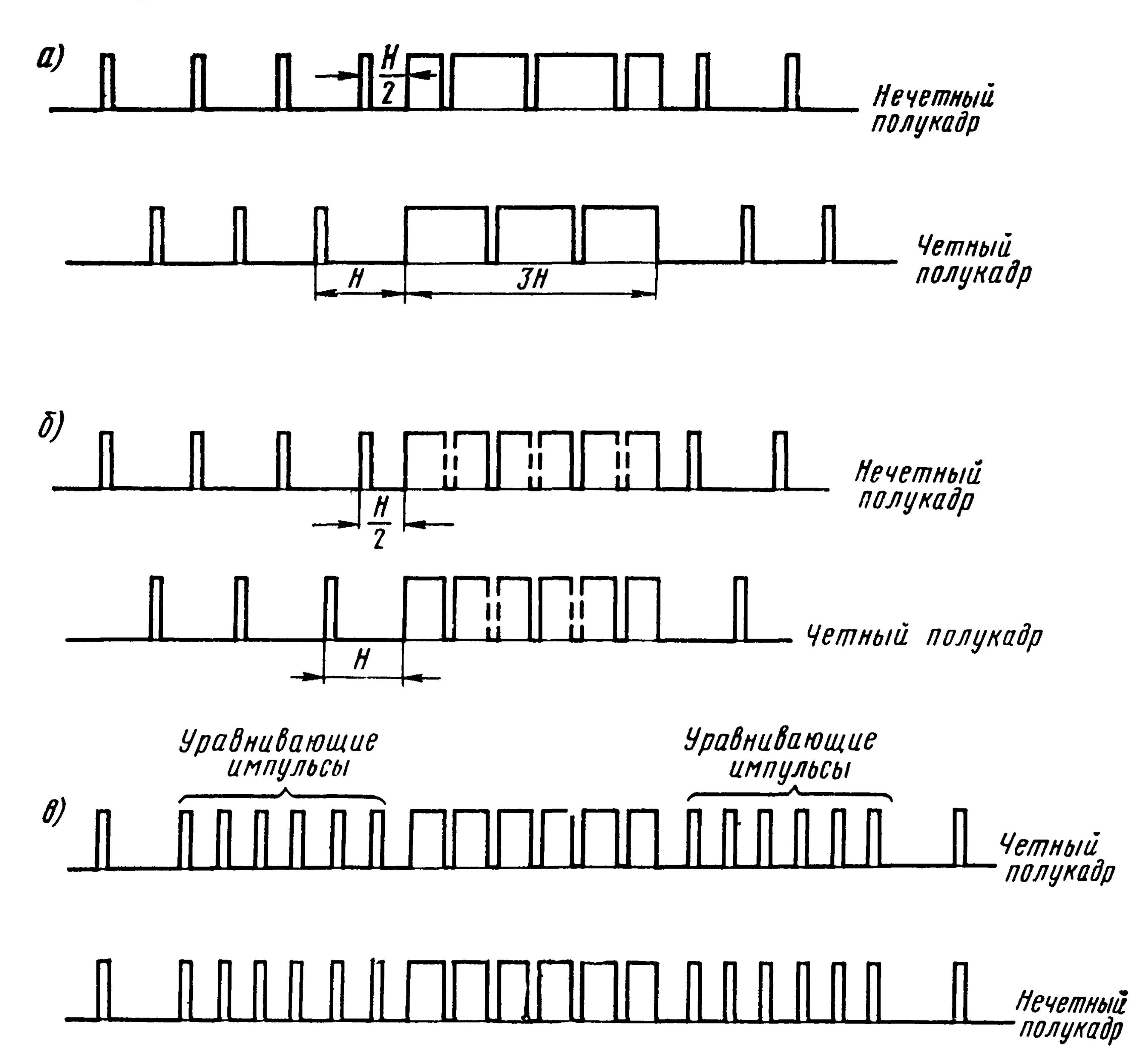


Рис. 5.5. Форма кадрового синхронизирующего сигнала при чересстрочной развертке

редования строк, впереди и позади полукадрового синхроимпульса насаживается по шесть так называемых «уравнивающих» импульсов, следующих с двойной строчной частотой (рис. 5.5*в*). При этом длительность уравнивающих импульсов и врезок делается в два раза короче длительности строчных синхроимпульсов (2,5 мкс).

Как будет показано далее, дополнительные импульсы врезок и уравнивающие импульсы не нарушают работу задающих генераторов строчной и кадровой разверток.

5.5. Гасящие импульсы

Существующие системы строчных и кадровых разверток работают таким образом, что примерно 10—15% времени их периодов тратится на обратный ход луча. Время обратного хода не может быть использовано для передачи сигналов изображения, так как луч движется в противоположном направлении. Возвращаясь обратно, луч прочерчивает на экране дополнительные белые линии, которые портят изображение, поэтому кинескоп должен быть заперт во время обратного хода луча по строке и по кадру. Это гашение осуществляют специальные гасящие или бланкирующие импульсы, которые передаются одновременно с сигналами изображения.

Как видно из рис. 5.3, видеосигналы каждой строки располагаются между соседними гасящими импульсами строк, а после развертки одного поля следует кадровый гасящий импульс.

Сигналы синхронизации располагаются на гасящих импульсах, служащих для них как бы пьедесталами.

Строчные гасящие импульсы, передаваемые в конце каждой строки, имеют длительность 10,2 мкс, что составляет около 16% длительности строки. Полукадровые гасящие импульсы имеют длительность, составляющую около 8% времени передачи полукадра, т. е. 1600 мкс. Это время соответствует времени передачи 25 строк, поэтому в течение кадра в результате действия кадрового синхроимпульса (обратный ход луча по кадру) теряется передача 50 строк изображения и число активных строк снижается с 625 до 575.

Гасящие импульсы имеют бо́льшую длительность, чем синхронизирующие. Это объясняется тем, что после окончания развертки сигнала изображения одной строки сначала гасящий импульс погасит луч, затем синхронизирующий импульс запустит задающий генератор строчной развертки и луч вернется обратно к началу следующей строки, после этого гасящий импульс продержит еще некоторое время луч запертым и только затем откроет его для передачи сигналов от элементов изображения, расположенных на очередной следующей строке.

Таким образом, гасящий импульс гасит электронный луч не только на все время действия синхроимпульса (обратный ход), но и еще на некоторый промежуток времени в конце прямого хода предыдущей строки и на немного больший промежуток времени в начале прямого хода следующей строки. Это позволяет скрыть от зрителя все переходные явления, которые происходят при изменении движения луча с прямого хода на обратный и наоборот.

Форма полного телевизионного сигнала установлена стандартом ГОСТ 7845—72 и показана на рис. 5.6. Там же приведены и параметры полного телевизионного сигнала (ПТС).

Основные параметры телевизионных стандартов СССР и зарубежных стран приведены в табл. 5.1.

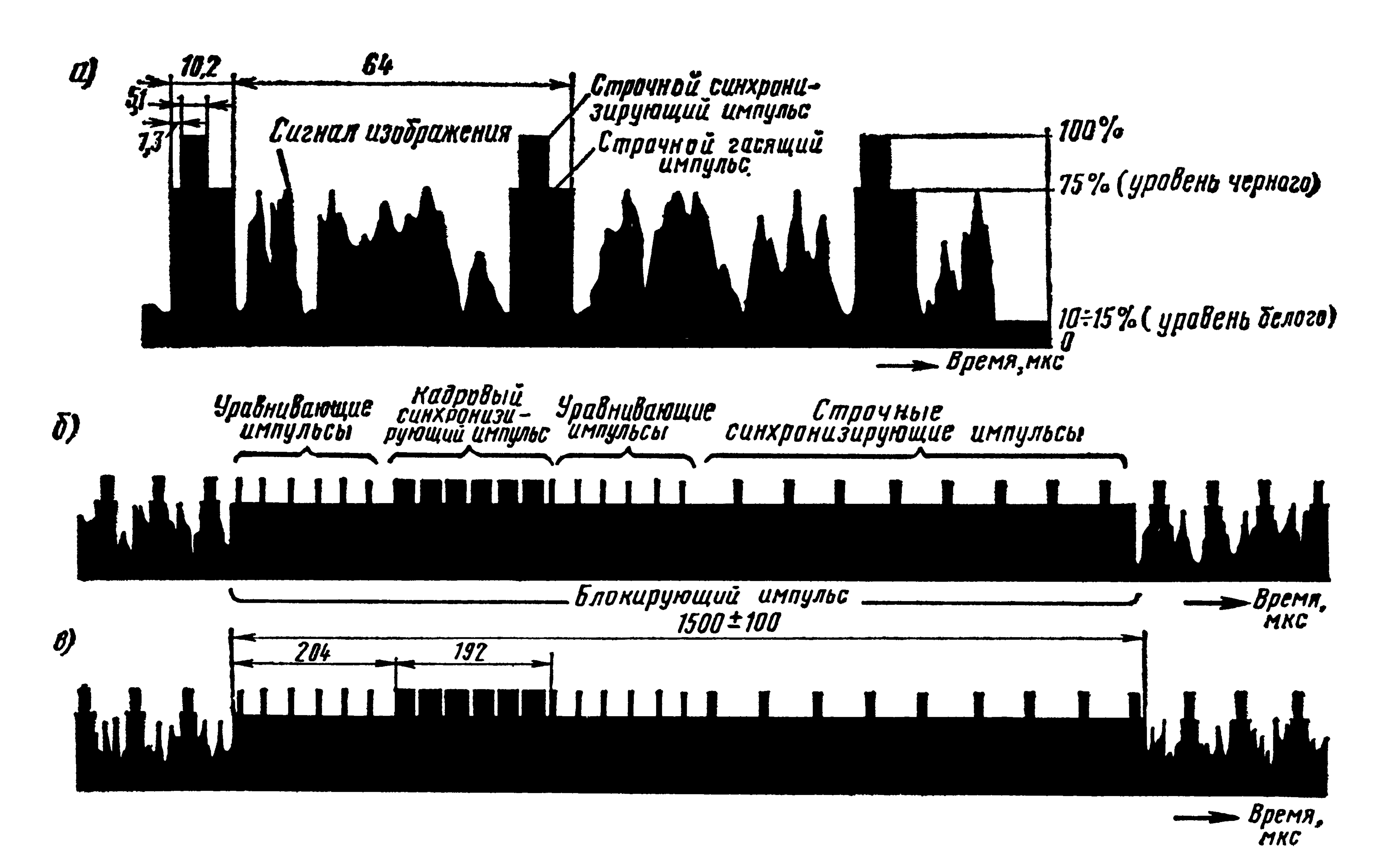


Рис. 5.6. Форма полного телевизионного сигнала

Таблица 5.

Основные параметры телевизионных стандартов

Наименование параметров	Страны			
	СССР	США	Англия	Западной Европы
Номинальное число строк разложения	625	525	405	625
Номинальная частота, Гц:				
строк	15 625	15 750	10 125	15 625
полей	50	60	50	50
кадров	25	30	25	25
Полоса видеочастот, МГц	6	4	3	5
Полярность модуляции	Негатив	Негатив	Позитив	Негатив
Форма ПТС	Показана на рис. 5.6	Аналогична принятой в СССР		

Контрольные вопросы

1. Из каких сигналов состоит полный телевизионный сигнал?
2. Что называется позитивным видеосигналом?
3. Что называется негативным видеосигналом?
4. Что такое постоянная составляющая сигнала и как сказывается ее потеря на характере изображения?
5. От чего зависит величина постоянной составляющей?
6. Объясните назначение сигналов синхронизации.
7. Какому ходу луча соответствует действие синхроимпульсов?
8. Объясните структуру кадровой группы импульсов.
9. Что такое уравнивающие импульсы и для чего они вводятся в ПТС?
10. Объясните назначение гасящих импульсов.
11. Почему длительность гасящих импульсов больше времени обратного хода луча?

Глава 6.

ПЕРЕДАЧА И ПРИЕМ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

6.1. Диапазон волн, используемый для телевизионных передач

Известно, что при амплитудной модуляции высшая модулирующая частота должна быть в несколько раз ниже несущей частоты. Как было показано в § 4.4, наивысшая частота сигнала изображения при чересстрочной развертке составляет 6—6,5 МГц. Отсюда следует, что для передачи сигналов изображения несущая частота должна быть не менее 20 МГц. Эта частота входит в коротковол-

новый диапазон. Преимуществом волн этого диапазона является возможность их распространения на большие расстояния при небольшой мощности излучения. Это свойство коротковолнового диапазона получается за счет преломления в ионизированных слоях ионосферы. Но именно это свойство делает невозможным использование коротких волн для телевидения.

Дело в том, что эти волны, отражаясь от различных слоев ионосферы, приходят к приемной антенне по различным путям, а следовательно, неодновременно и создают на экране телевизора несколько сдвинутых относительно друг друга изображений.

Волны, лежащие в ультракоротковолновом диапазоне, не отражаются от ионосферы и поэтому используются для телевидения.

Эти волны имеют длину 7—8 м и короче, что соответствует частотам от 50 МГц и выше.

Кроме того, в настоящее время для телевизионного вещания осваивается дециметровый диапазон волн.

6.2. Полоса частот телевизионного сигнала

Спектр любого радиосигнала (в том числе и телевизионного) при амплитудной модуляции содержит несущую и боковые частоты. Причем каждой модулирующей частоте соответствуют две боковые — нижняя и верхняя. Благодаря этому получается, что информация о передаваемом изображении как бы дублируется. Так, например, информация о распределении яркости крупных участков изображения передается с помощью составляющих спектра, которые близко примыкают к несущей частоте как справа, так и слева от нее. Точно так же информация о мелких деталях изображений передается левыми и правыми периферийными составляющими.

При высшей модулирующей частоте 6—6,5 МГц полоса частот, занимаемая одним каналом телевидения, составляет 12—13 МГц.

Передача такой широкой полосы для каждого телевизионного канала ограничивает число каналов при существующей в настоящее время «тесноте» в эфире. Кроме того, высокочастотные цепи приемника имеют в этом случае сложную конструкцию: требуются очень широкополосные усилители, а для получения требуемого коэффициента усиления число усилительных каскадов телевизора получается большим. Передача нижней и верхней боковых полос спектра не является обязательной. Можно передавать только сигнал несущей частоты и одну из боковых полос спектра, отбросив вторую боковую полосу частот. После детектирования однополосного радиосигнала получается видеосигнал, который по форме соответствует сигналу, переданному с телецентра. Он отличается от двухполосного только тем, что имеет меньшую амплитуду, так как во время детектирования происходит сложение сигналов боковых частот.

Передача же одной боковой полосы сужает общую полосу частот, занимаемую каждым телевизионным каналом в эфире. Так,

при 12 телевизионных каналах при подавлении боковых полос можно освободить участок диапазона шириной 75 МГц.

В соответствии с ГОСТ 7845—72 передача сигналов изображения в СССР производится при частичном подавлении нижней боковой полосы. От нее остается лишь часть, ширина которой равна 1,25 МГц. Верхняя боковая полоса частот сигнала изображения имеет ширину 6,25 МГц (рис. 6.1). Это создает некоторый избыток энергии на частотах, лежащих вблизи несущей, что может привести к искажению изображения. Однако эти искажения легко устраняются путем выбора определенной формы частотной характеристики приемника.

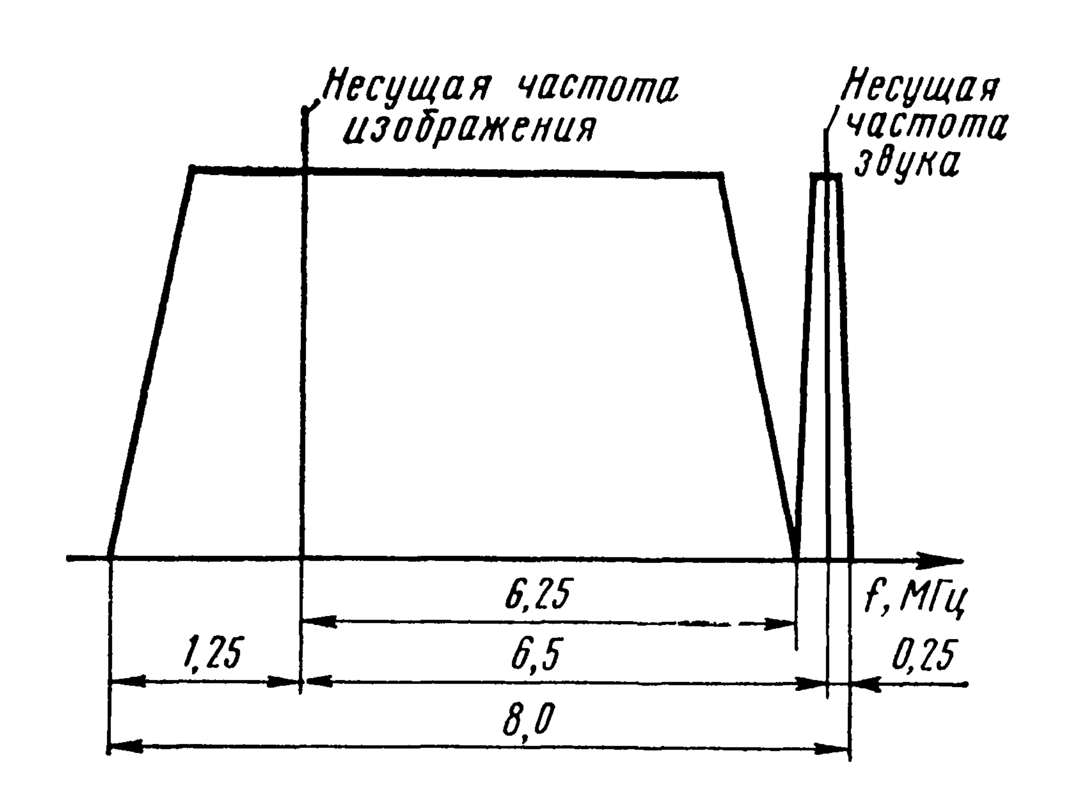


Рис. 6.1. Размещение спектра сигналов изображения и звука

При телевизионном вещании, кроме сигналов изображения, одновременно передаются сигналы звукового сопровождения. Принципиально передача сигналов звука может быть произведена на любой волне. Однако целесообразней передача на волнах того же диапазона, который используется для передачи сигналов изображения. Поэтому несущая частота сигналов звукового сопровождения выбирается в непосредственной близости от несущей частоты сигналов изображения.

Такое расположение обеих несущих частот позволяет использовать одну и ту же антенну для приема сигналов изображения и звука, а также конструировать отдельные каскады телевизора с учетом одновременного усиления двух сигналов. Это обстоятельство практически используется при построении усилителей высокой и промежуточной частот.

Кроме того, использование для передачи звукового сопровождения более коротких волн позволяет повысить качество звука. Как известно, качество звука определяется полосой передаваемых и принимаемых звуковых частот. Чем больше полоса содержащихся в звуковом сигнале частот, тем более естествен воспроизводимый звук. Для того чтобы иметь возможность обеспечить высокое качество звукового сопровождения, передача звука осуществляется с помощью частотной модуляции несущей частоты.

В соответствии с ГОСТ 7845—72 несущая частота звукового сопровождения выше несущей частоты сигналов изображения на 6,5 МГц. Максимальное отклонение несущей частоты при передаче сигналов звука составляет ±50 кГц. С учетом сказанного выше на один телевизионный канал отводится полоса

частот, равная 8 МГц. При этом спектры сигналов изображения и звукового сопровождения размещаются так, как показано на рис. 6. 1.

В настоящее время для телевизионного вещания в диапазоне УКВ используется 12 каналов на частотах от 49 до 230 МГц.

Основные характеристики телевизионных каналов приведены в табл. 6. 1.

Таблица 6. 1

Распределение несущих частот изображения и звука по каналам

Канал	Несущая частота изображения, МГц	Несущая частота звука, МГц	Полоса частот, МГц	Канал	Несущая частота изображения, МГц	Несущая частота звука, МГц	Полоса частот, МГц
1	49,75	56,25	48,5—56,5	7	183,25	189,25	182—190
2	59,25	65,75	58—66	8	191,25	197,75	190—198
3	77,25	83,75	76—84	9	199,25	205,75	198—206
4	85,25	91,75	84—92	10	207,25	213,75	206—214
5	93,25	99,75	92—100	11	215,25	221,75	214—222
6	175,25	181,75	174—182	12	223,25	229,75	222—230

6. 3. Структурная схема современного телевизионного центра

Телевизионным центром называется комплекс радиотехнической аппаратуры, помещений и служб, осуществляющий телевизионное вещание. По своему назначению телевизионные центры делятся на программные и ретрансляционные. Программный телевизионный центр имеет комплекс технологических сооружений, предназначенных для подготовки, передачи и записи программ телевизионного вещания, а также для обмена телевизионными программами с другими телецентрами по междугородным линиям связи.

Ретрансляционные телевизионные центры собственной программы не создают, а служат для ретрансляции программ, получаемых по радиорелейным линиям, коаксиальному кабелю или космической линии связи (например, система «Орбита»).

Упрощенная структурная схема однопрограммного современного телецентра показана на рис. 6. 2. В состав телевизионного центра входит аппаратно-студийный блок (АСБ), который содержит передающие телевизионные камеры, телекиноаппаратную, откуда передаются кинофильмы, и видеомагнитофонную аппаратную, где производится магнитная запись и воспроизведение телевизионных изображений. Камера, кроме трубки, содержит видеоусилитель и генераторы строчной и кадровой разверток, управляемые синхроимпульсами.

Из передающей камеры видеосигналы поступают в техническую аппаратную. Там имеется оборудование для усиления и окончательного формирования телевизионных сигналов, которые затем

подаются в программную аппаратную для полного формирования программы. Для этого в программную аппаратную подводятся все исходные телевизионные сигналы: от одного или нескольких аппаратно-студийных блоков, от блока междугородних передач, ста-

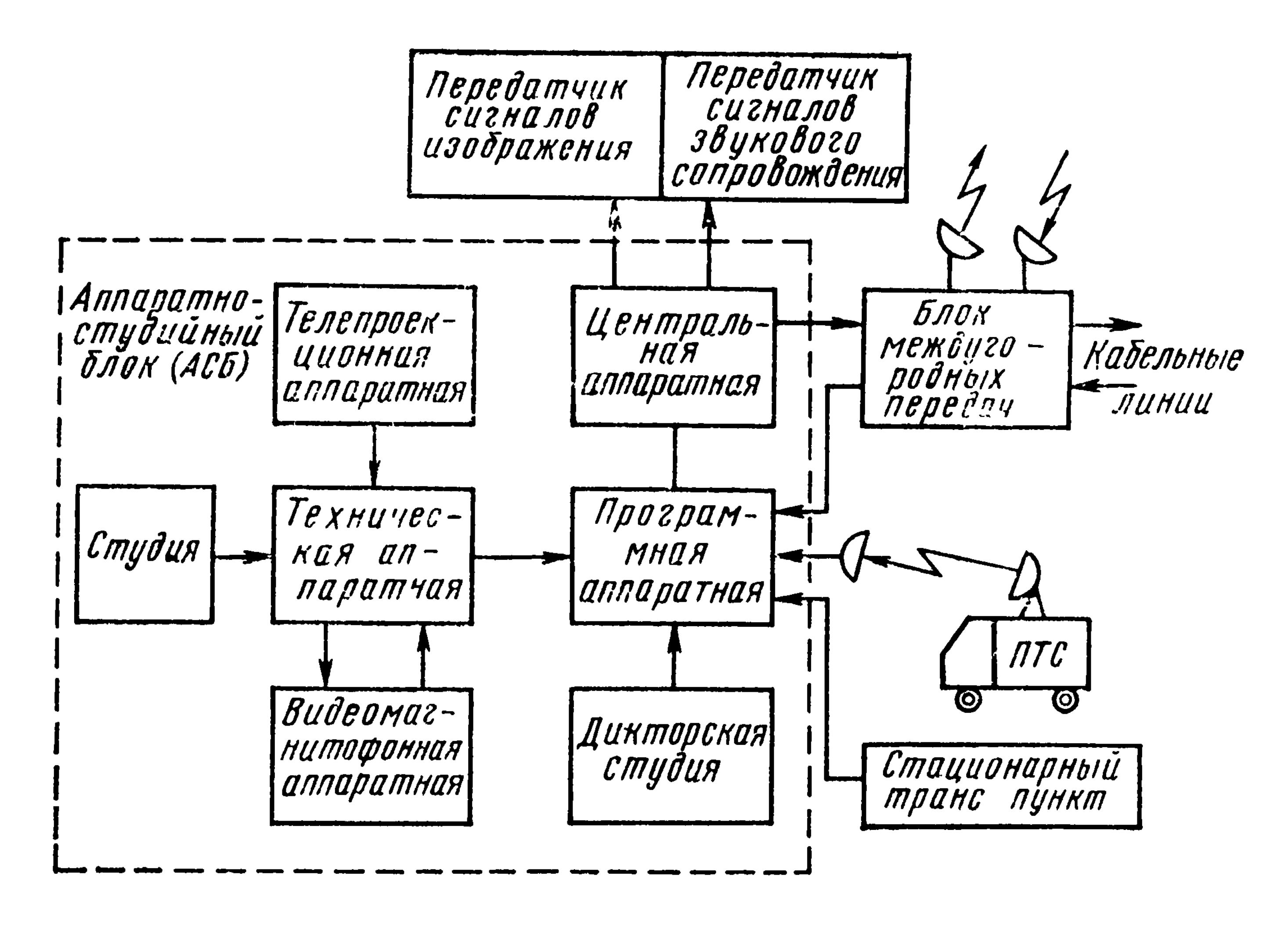


Рис. 6.2. Структурная схема однопрограммного современного телецентра

ционарных трансляционных пунктов, передвижных телевизионных станций и из дикторской студии.

Телевизионный сигнал сформированной программы подается в центральную аппаратную, откуда поступает на модулятор радиопередатчика.

Так как телевизионный сигнал униполярен, то возможны два варианта модуляции: негативная, при которой максимальному уровню несущей соответствует передача вершин синхроимпульсов (рис. 6.3*а*), и позитивная, когда передатчик излучает максимальную мощность при передаче белого поля (рис. 6.3*б*).

В Советском Союзе, а также во всех других странах мира (за исключением Англии, Франции, Марокко и Туниса) используется негативная модуляция. Объясняется это тем, что в этом случае средняя излучаемая мощность значительно меньше максимальной, так как на изображениях обычно преобладает белый цвет. Кроме того, помехи при негативной модуляции проявляются на изображении не в виде белых, а в виде черных точек, которые менее заметны, и, наконец, в телевизорах в этом случае легче осуществлять автоматическую регулировку усиления (АРУ), так как в излучаемом изображении независимо от его содержания синхроимпульсы всегда соответствуют максимальной величине излучаемой мощности.

Передатчик сигналов звукового сопровождения работает на общую с передатчиком сигналов изображения антенну, но его мощность в несколько раз меньше мощности передатчика сигналов изображения, что учитывается при построении схем телевизоров.

Из рис. 6.2 видно, что телецентр имеет возможность вести передачу не только из студии, но и с передвижной телевизионной

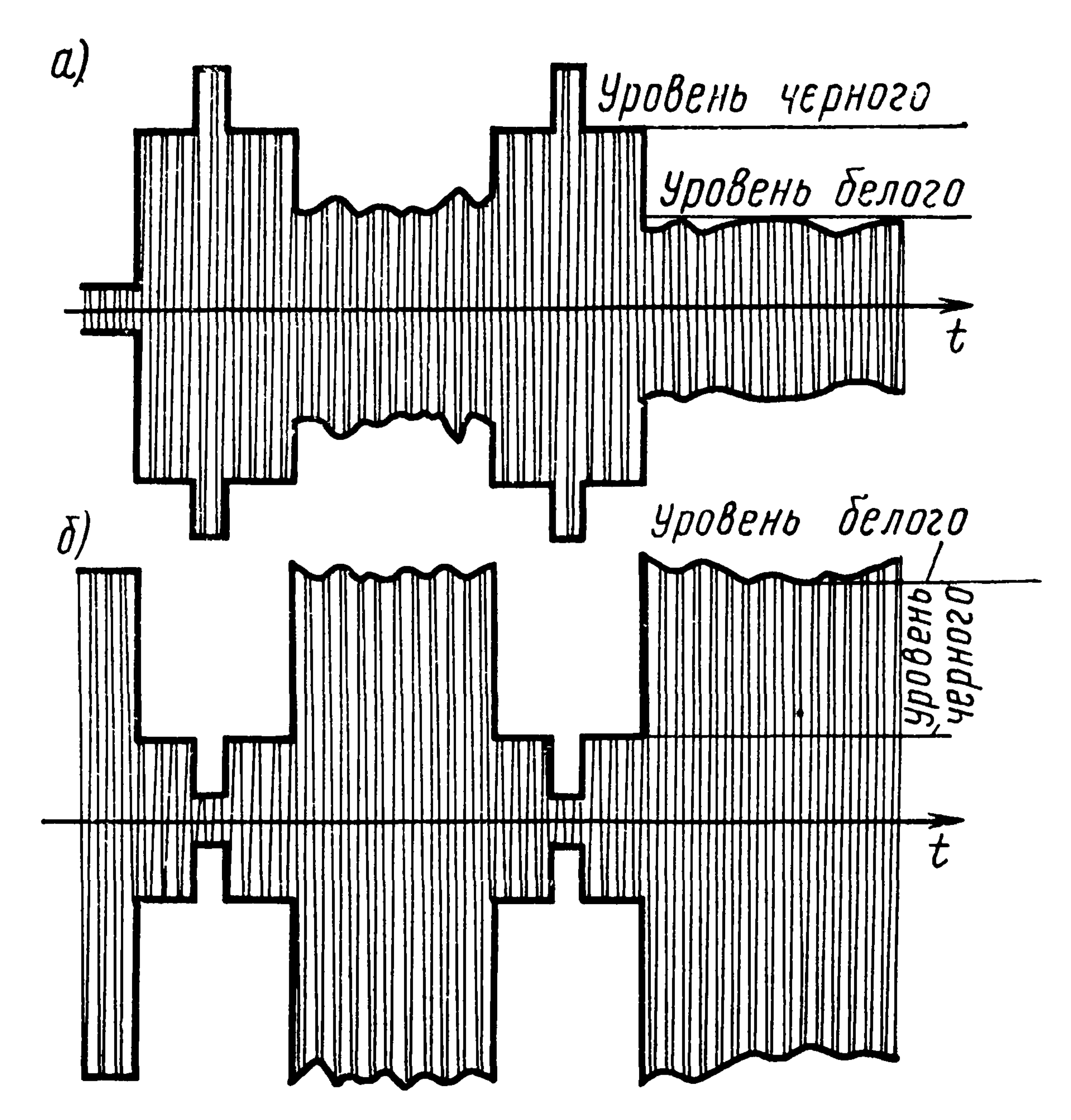


Рис. 6.3. Полярность модуляции:
а) негативная; *б)* позитивная

станции, а в тех местах, из которых особенно часто ведутся внестудийные передачи, имеются стационарные трансляционные пункты.

Передвижная телевизионная станция — это телецентр в миниатюре. В нее входят две-три передающие камеры, четыре-восемь микрофонов и подвижная аппаратная с пультом управления в автобусе.

Видеосигнал из передающих камер, которые могут выноситься до 300 м от автобуса, поступают по специальному кабелю на промежуточные, а затем — на линейные усилители. Далее видеосигнал поступает на радиопередатчики линии связи с телевизионным центром. Передатчики работают обычно в дециметровом и сантиметровом диапазонах волн. В этом случае проще создать направленное излучение параболическими антеннами, которые ориенти-

руются на телецентр. Приемные антенны устанавливают на специальных площадках башни телецентра. Для обеспечения приема из любого сектора города на башне устанавливают три антенны, ориентация которых осуществляется дистанционно.

Принятые на телецентре радиосигналы преобразуются в стандартный телевизионный сигнал, который затем поступает на вход модулятора УКВ радиостанции.

Телецентры Москвы, Ленинграда и Киева более сложны, так как они предназначены для многопрограммного черно-белого и цветного вещания. Они ведут запись телевизионных программ с целью обслуживания периферийных центров и осуществляют не только местный, но и междугородный и международный обмен программами.

6.4. Схемы построения телевизионных приемников

Телевизионные приемники так же, как и вещательные, могут быть выполнены по схеме прямого усиления и по супергетеродинной схеме.

Приемники прямого усиления просты по схеме и надежны в работе, но имеют ряд существенных недостатков, из-за которых в настоящее время не выпускаются. Одним из недостатков является низкая чувствительность, так как усиление высокочастотного тракта с ростом частоты падает. Для увеличения чувствительности требуется несколько каскадов УВЧ, но в этом случае появится сложность в одновременном переключении и перестройке высокочастотного усилительного тракта при многопрограммном вещании. Это является вторым серьезным недостатком приемника прямого усиления.

Отечественная промышленность серийно выпускала только один тип телевизора, собранного по схеме прямого усиления,— КВН-49 и ряд его модификаций. Телевизоры КВН были рассчитаны на прием трех программ при чувствительности 1000 мкВ. Для сравнения следует указать, что чувствительность современных телевизиров, выполненных по супергетеродинной схеме, составляет 50 мкВ.

Высокая чувствительность — не единственное преимущество супергетеродинной схемы. Телевизионные приемники, собранные по супергетеродинной схеме, значительно легче перестраиваются с одной программы на другую. В них усиление принятых сигналов осуществляется в усилителе промежуточной частоты, настройка которого остается неизменной при приеме любого канала. Супергетеродинные телевизионные приемники могут быть построены как по двухканальной, так и по одноканальной схемам, которые отличаются друг от друга методом приема сигналов звукового сопровождения.

6.5. Структурная схема супергетеродинного двухканального телевизионного приемника

В схеме (рис. 6.4) сигналы изображения и звука, принятые антенной, попадают в высокочастотный блок, где имеются усилитель высокой частоты (УВЧ), гетеродин и смеситель. На выходе смесителя образуются промежуточные частоты изображения и звука. Сигналы промежуточных частот усиливаются отдельными усилителями в двух различных каналах. Затем сигналы промежуточной частоты изображения поступают на видеодетектор, после детектирования они усиливаются в видеоусилителе (ВУ) и подаются на кинескоп. Одновременно усиленные видеосигналы поступают в каскады выделения и разделения импульсов синхронизации на строчные и кадровые. Эти импульсы подводятся к соответствующим генераторам развертки, от совместной работы которых на экране образуется растр. Высокое напряжение для питания анода кинескопа вырабатывается в высоковольтном выпрямителе,

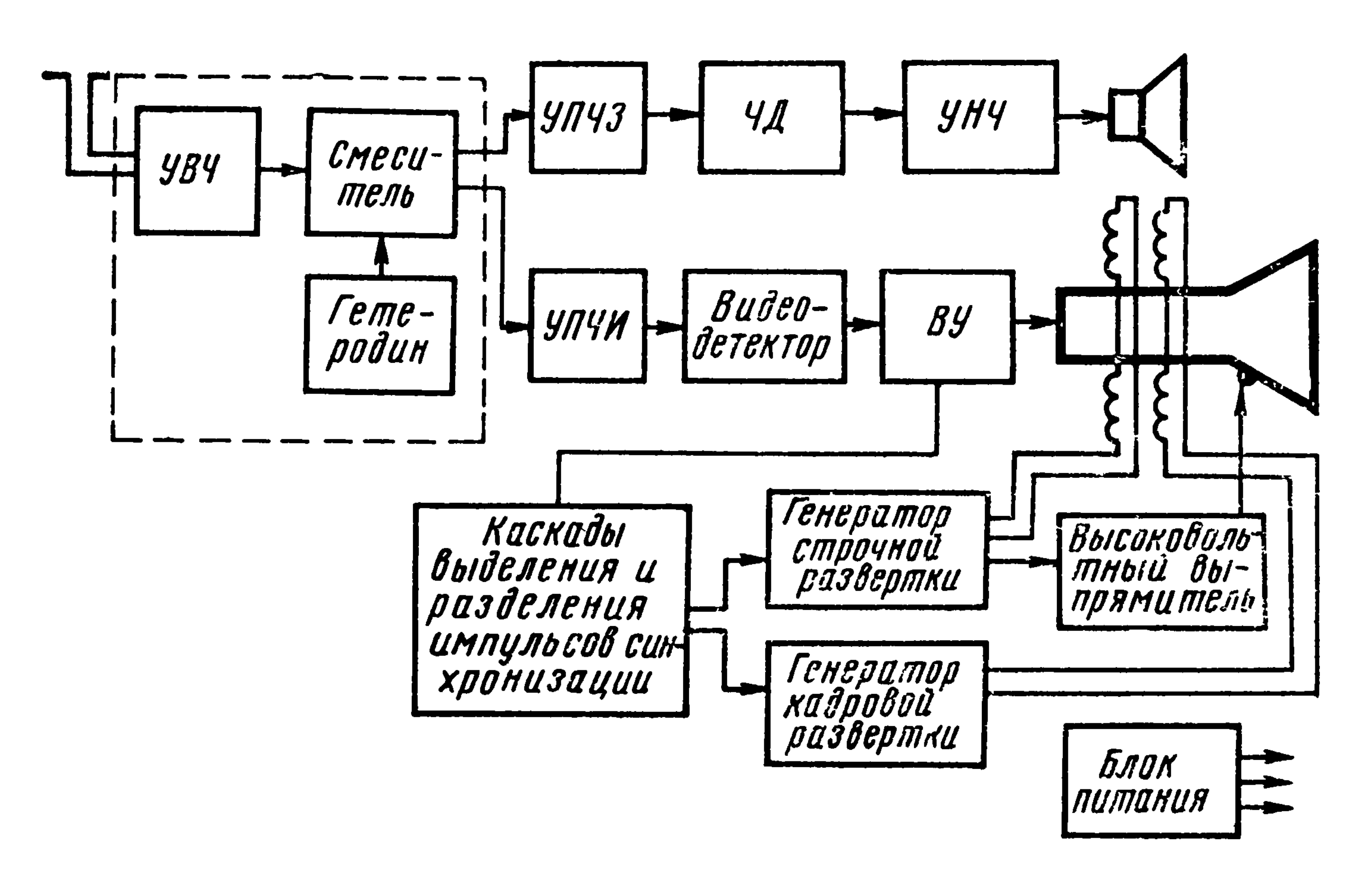


Рис. 6.4. Структурная схема супергетеродинного двухканального телевизионного приемника

который получает импульсы для выпрямления из блока строчной развертки.

Сигналы звукового сопровождения после усиления в усилителе промежуточной частоты звука (УПЧЗ) поступают в частотный детектор (ЧД) и усилитель низкой частоты (УНЧ).

Двухканальная схема применялась в телевизорах, предназначенных для приема трех или пяти телевизионных программ. Редкое ее использование связано с искажениями звука, которые возникают из-за нестабильности частоты колебаний гетеродина, что практически невозможно избежать при приеме передач на более высоких телевизионных каналах.

Уход частоты сигналов гетеродина может составлять десятки или сотни килогерц. При этом на такую же величину изменяются проме-

жуточные частоты как изображения, так и звука. На качестве воспроизведения изображения такое изменение не скажется, так как контуры УПЧ изображения рассчитаны на пропускание широкой полосы частот (до 5—5,5 МГц).

Полоса пропускания контуров УПЧ звука составляет примерно 200—300 кГц и при большом уходе частоты гетеродина промежуточная частота звука $f_{\text{пр. зв}}$ может выйти из полосы пропускания, что приведет либо к резкому ухудшению качества звука (рис. 6. 5, $f'_{\text{пр. зв}}$), либо к его пропаданию вообще (рис. 6.5, $f''_{\text{пр. зв}}$).

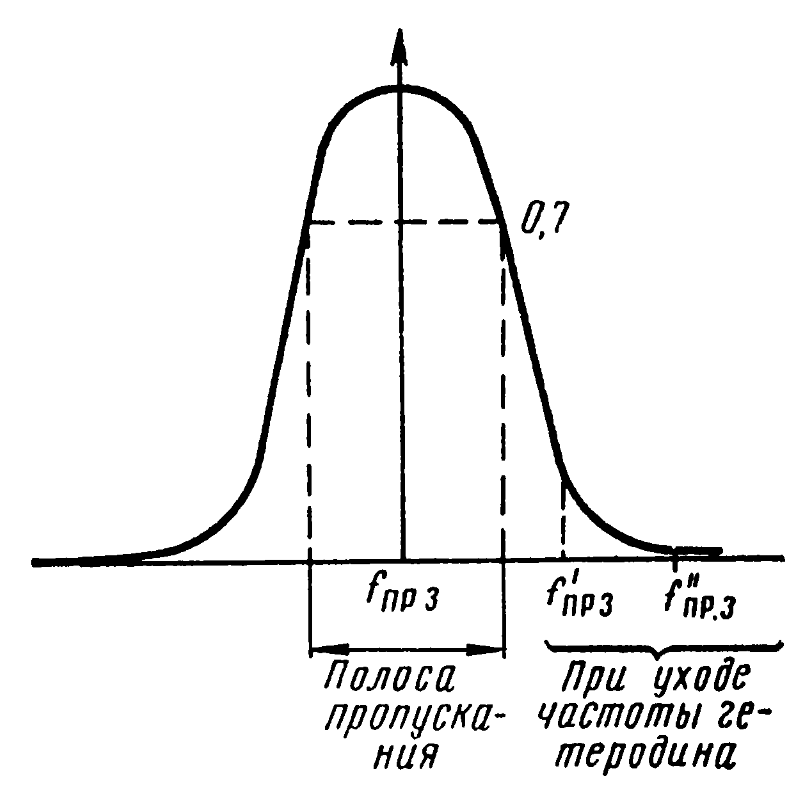


Рис. 6.5. Положение промежуточной частоты звука при уходе частоты гетеродина

От этого недостатка свободна одноканальная супергетеродинная схема.

6.6. Структурная схема одноканального супергетеродинного телевизионного приемника

В этой схеме (рис. 6.6) сигналы промежуточных частот изображения и звука, полученные после смесителя, усиливаются совместно в общем УПЧ.

Во время детектирования, помимо выделения видеосигнала, вследствие нелинейных свойств детектора образуются биения между промежуточными частотами видео и звука, в результате чего выделяется разностная частота 6,5 МГц — вторая промежуточная

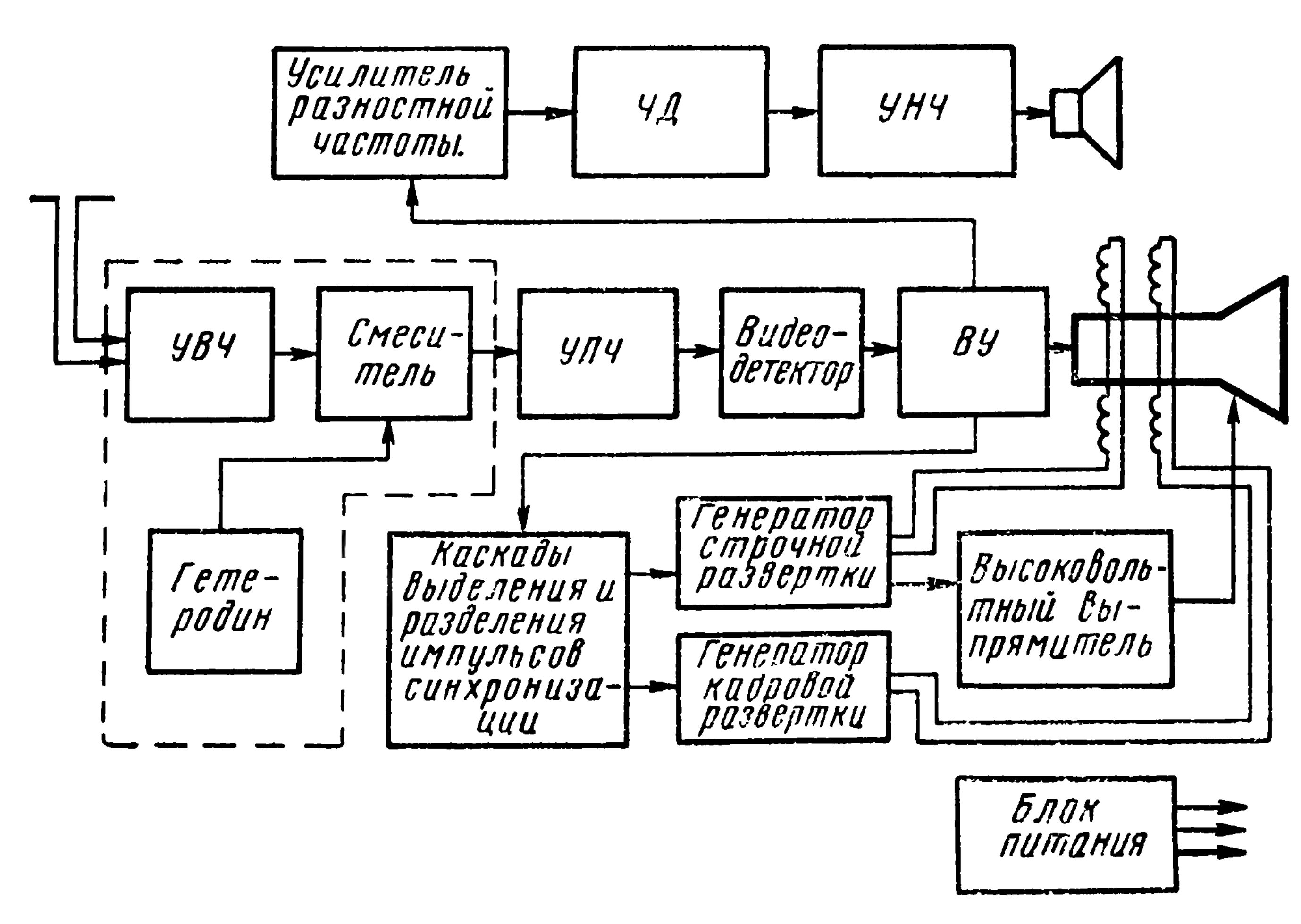


Рис. 6.6. Структурная схема одноканального супергетеродинного телевизионного приемника

частота звука, модулированная по частоте сигналами звука и по амплитуде сигналами изображения.

Иногда для получения разностной частоты в схеме применяют отдельный смеситель на диоде.

Видеосигнал после усиления видеоусилителем поступает на кинескоп. Разностная частота усиливается либо сразу в звуковом канале, либо предварительно в видеоусилителе, откуда при помощи фильтра, настроенного на частоту 6,5 МГц, поступает в канал звукового сопровождения.

Все остальные блоки имеют то же назначение, что и в двухканальной схеме.

На схеме рис. 6.6 при изменении частоты гетеродина изменяются на одну и ту же частоту как промежуточная частота изображения, так и промежуточная частота звука, а разница между ними всегда остается постоянной, равной 6,5 МГц. Высокая стабильность разностной частоты обеспечивается передатчиками телевизионного центра.

Кроме того, такая схема уменьшает количество каскадов усиления промежуточной частоты звука, так как сигналы звукового сопровождения поступают на усилитель разностной частоты предварительно усиленными в канале УПЧ изображения. Такой способ приема звукового сопровождения применяется во всех современных телевизорах.

Контрольные вопросы

1. Почему для телевизионных передач используются ультракороткие волны?
2. За счет чего снижается полоса частот телевизионного сигнала?
3. Чему равна полоса частот одного телевизионного канала?
4. Объясните, почему возможно подавление одной боковой полосы?
5. Объясните назначение блоков в структурной схеме телецентра.
6. Объясните работу двухканального телевизионного приемника.
7. Объясните, почему ухудшается качество звука в двухканальном телевизоре при уходе частоты гетеродина.
8. Как устраняется этот недостаток в одноканальном телевизионном приемнике?
9. Объясните, почему уход частоты гетеродина в одноканальном телевизионном приемнике не ухудшает качество звука?

Глава 7.

ГЕНЕРАТОРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ РАЗВЕРТОК

7.1. Общие сведения о генераторах разверток

В § 4.2 было установлено, что для отклонения электронного луча на экране приемной трубки (или на мозаике передающей трубки) необходимо подавать на отклоняющие системы токи пилообразной формы.

Пилообразная форма тока выбрана потому, что в течение прямого хода луча развертка растра как по строкам, так и по кадрам должна производиться по линейному закону, т. е. по такому закону, где скорость изменения тока во времени есть величина постоянная.

При замедлении движения луча некоторые части изображения вдоль строки будут яркими и сжатыми, а при ускорении — темными и растянутыми.

Частота пилообразного тока, вырабатываемого в генераторах разверток, должна быть такой, чтобы перемещение электронного луча по экрану кинескопа было бы синхронным и синфазным по отношению к перемещению электронного луча передающей трубки.

Амплитуда генерируемого тока должна быть достаточной для того, чтобы получить кадр требуемых размеров.

Кроме перечисленных основных требований к генераторам разверток, они должны обеспечивать также:

а) легкость синхронизации;

б) регулировку частоты и амплитуды пилообразного тока;

в) стабильность по частоте и амплитуде;

г) максимальную экономичность по потреблению тока.

В телевизорах наибольшее распространение получили трехступенчатые генераторы развертки (рис. 7.1), состоящие из генера-

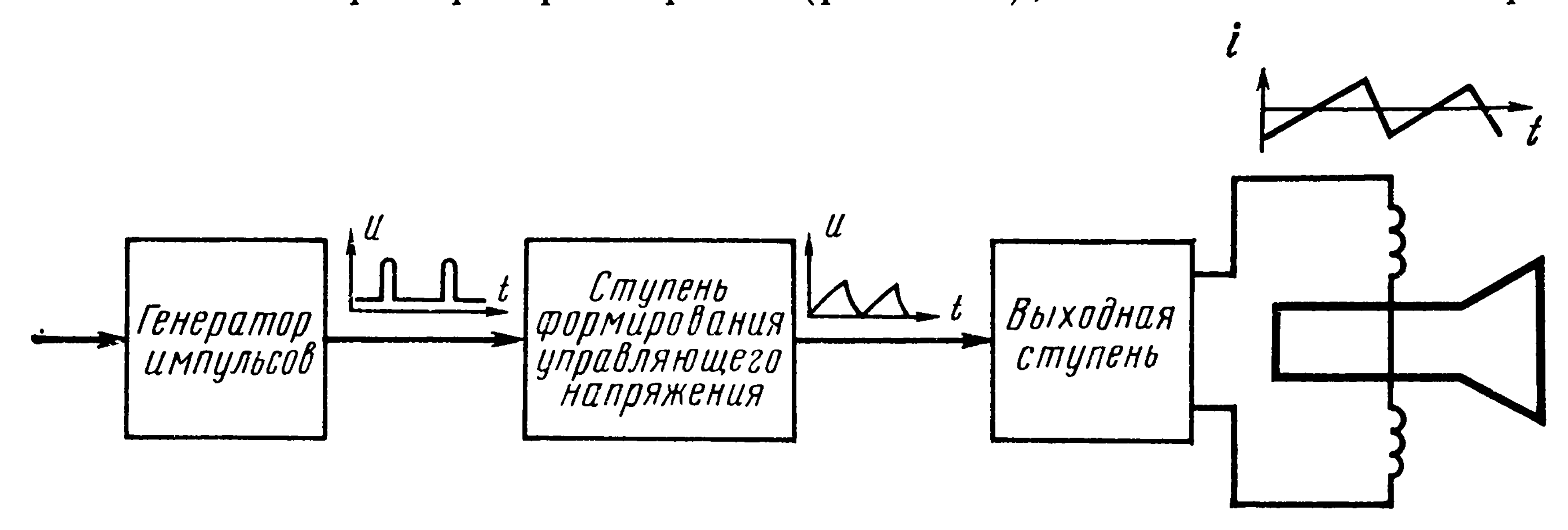


Рис. 7.1. Структурная схема генератора телевизионной развертки

торов импульсов, ступени формирования управляющего напряжения и выходной ступени.

Выходная ступень генераторов развертки работает непосредственно на отклоняющую систему электроннолучевой трубки. Для возбуждения выходной ступени на нее требуется подавать пилообразное напряжение, которое формируется обычно в схеме с разрядной лампой. Разрядная лампа управляется импульсами, которые вырабатываются в специальных генераторах.

7. 2. Схема с разрядной лампой

На рис. 7.2*а* изображена наиболее распространенная схема с разрядной лампой. На ее управляющую сетку подаются узкие положительные импульсы, которые открывают лампу во время обратного хода луча.

Во время прямого хода луча лампа надежно заперта напряжением E_c. В это время конденсатор C_1 будет заряжаться через резистор R_1 от источника E_a. Напряжение на обкладках конденсатора возрастает по экспоненциальному закону. Во время обратного хода луча, когда лампа открыта положительными импульсами, емкость C_1 разряжается через малое внутреннее сопротивление лампы. Когда импульс закончится, лампа вновь запрется и начнется медленный заряд конденсатора C_1.

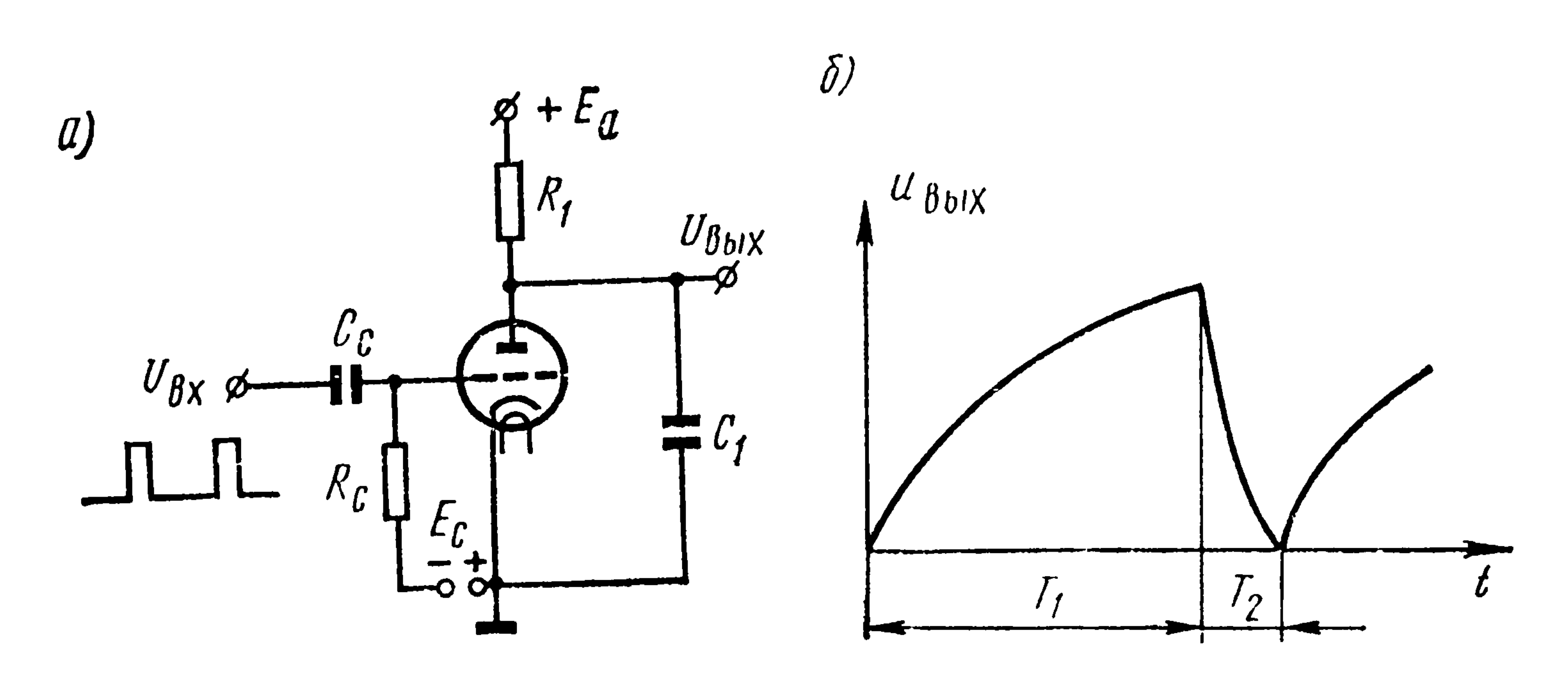


Рис. 7.2. Схема с разрядной лампой и график выходного напряжения

Время заряда и разряда конденсатора в цепи RC зависит от емкости конденсатора и сопротивления резистора, и равно произведению этих величин $\tau = RC$. Величина τ называется постоянной времени и имеет размерность времени (произведение омов на фарады имеет размерность секунд, а произведение мегом на пикофарады или ом на микрофарады имеет размерность микросекунд).

Величина постоянной времени имеет следующий физический смысл: за отрезок времени, равный τ, конденсатор успевает зарядиться или разрядиться до напряжения, равного 63% от напряжения источника или его первоначального заряда. Полный заряд или разряд конденсатора осуществляется за время, равное 4 τ.

Постоянная времени заряда конденсатора обозначается $\tau_{зар}$, а разряда $\tau_{разр}$.

Форма напряжения на конденсаторе C_1 показана на рис. 7.2*б*. Здесь T_1 — длительность прямого хода; T_2 — длительность обратного хода, так как $T_1 > T_2$, необходимо, чтобы R_1 было больше R_i.

Экспоненциальная форма кривой характеризуется тем, что начальная ее часть почти прямолинейна, а когда заряд конденсатора подходит к концу, рост напряжения замедляется и идет уже не по линейному закону. Для получения линейного нарастания напряжения во время прямого хода развертки необходимо выполнение условия $\tau_{зар} \gg T_1$.

Закон изменения напряжения во время обратного хода (кривая разряда конденсатора) существенного значения не имеет, так как в это время луч передающих и приемных трубок погашен. Постоянная времени разряда $\tau_{разр} \ll \tau_{зар}$, так как $R_i \ll R_1$.

Из рассмотренной схемы видно, что для получения в ней пилообразного напряжения на сетку лампы необходимо подавать управляющие импульсы, совпадающие с временем обратного хода луча. В телевизионном приемнике это могут быть синхронизирующие импульсы, посылаемые с телецентра вместе с видеосигналом.

Однако в телевизорах управляющие импульсы вырабатываются в специальных задающих генераторах — блокинг-генераторах, мультивибраторах и других схемах. Объясняется это тем, что система развертки, работающая от синхроимпульсов, очень неустойчива, так как разрядная лампа срабатывает не только от синхроимпульса, но и от любого случайного импульса, а в этом случае нарушается синхронность разверток передатчика и приемника.

7.3. Назначение и работа блокинг-генератора

Назначением блокинг-генераторов является формирование для сеточной цепи разрядной лампы узких управляющих импульсов, совпадающих по времени с обратным ходом луча.

Схема блокинг-генератора представлена на рис. 7.3*а*. На рис. 7.3*б* показаны диаграммы напряжений и токов в схеме. Блокинг-генератор содержит одну лампу — триод и трансформатор,

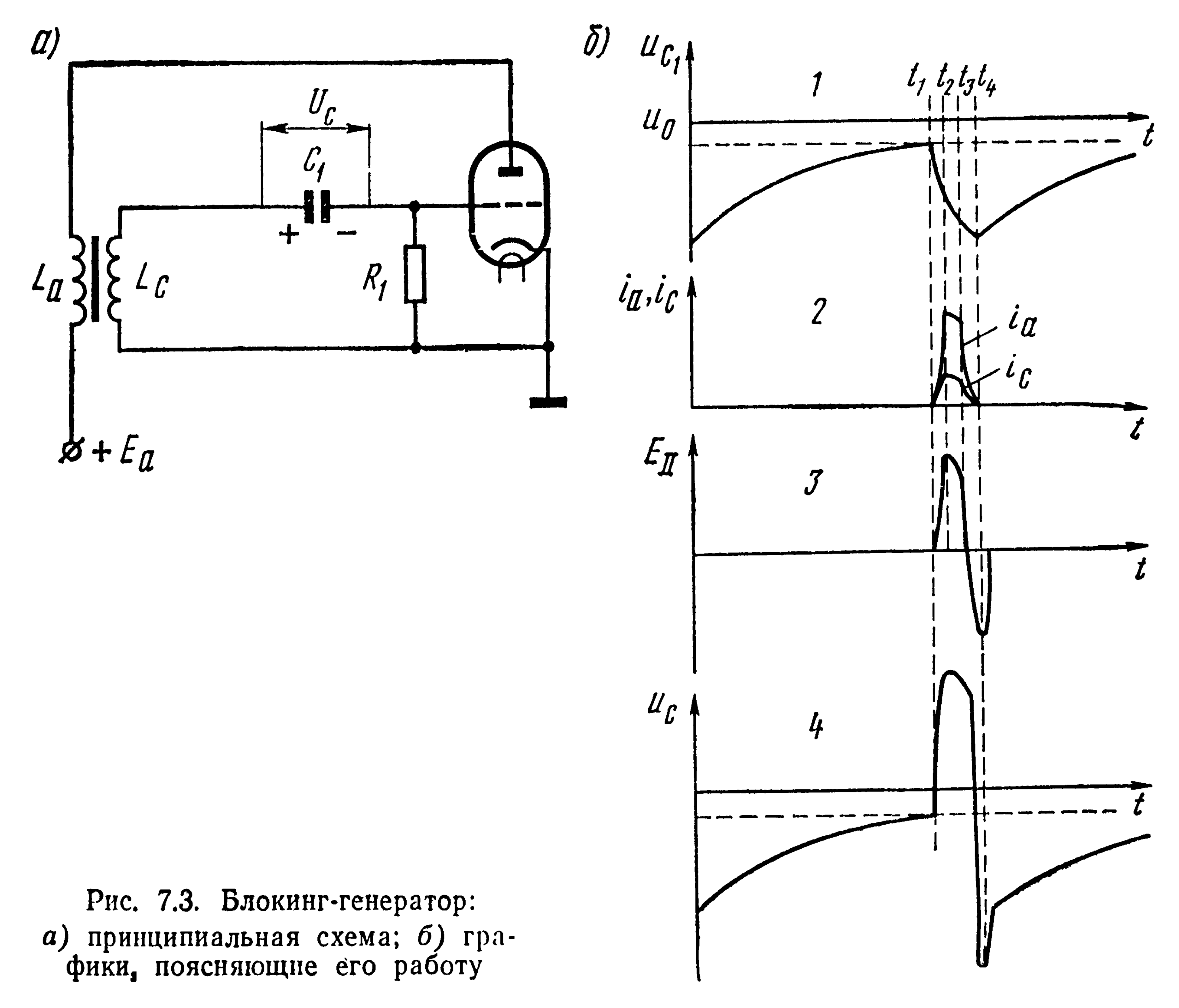


Рис. 7.3. Блокинг-генератор: *а)* принципиальная схема; *б)* графики, поясняющие его работу

который обеспечивает положительную обратную связь путем соответствующего включения обмоток.

Блокинг-генератор является генератором релаксационных колебаний, форма которых резко отличается от синусоидальных.

Рассмотрение физических процессов в схеме целесообразно начать с того момента, когда лампа заперта тем большим отрицательным напряжением U_{C_1}, которое имеется на конденсаторе C_1. В том, что такое напряжение на конденсаторе действительно имеется, мы убедимся после рассмотрения полного периода работы блокинг-генератора. В схеме происходит единственный процесс — разряд конденсатора C_1 через сеточную обмотку трансформатора и резистор R_1. Разряд происходит по экспоненциальному закону и продолжается до тех пор, пока напряжение на сетке лампы не станет равным напряжению отсечки анодного тока U_0(график *1*), при этом появится анодный ток (момент t_1). Так как анодный ток изменяется во времени (график *2*), то он будет создавать в анодной обмотке трансформатора ЭДС самоиндукции, которая будет наводить во вторичной обмотке ЭДС взаимоиндукции положительной полярности $E_{II} = M\frac{di}{dt}$ (график *3*), где M — коэффициент взаимоиндукции, а di/dt — характеризует скорость изменения тока во времени. Напряжение на сетке U_c будет теперь определяться не только отрицательным напряжением на конденсаторе U_{C_1}, но и положительным напряжением E_{II}, т. е. $U_c = -U_{C_1} + E_{II}$ (график *4*), причем $E_{II} > U_{C_1}$ и поэтому малейшее изменение анодного тока приводит к увеличению положительного напряжения на сетке. Это, в свою очередь, вызывает увеличение анодного тока и, как следствие этого, увеличение ЭДС (E_{II}). В результате возникает лавинообразный процесс возрастания анодного тока и сеточного напряжения. Появление значительного положительного напряжения на сетке приводит к появлению сеточного тока.

В момент времени t_2 (график *1*) скорость изменения анодного тока во времени наибольшая, поэтому наибольшей будет и ЭДС E_{II}, а это приведет к увеличению сеточного тока i_c. Этим током заряжается конденсатор C_1 минусом к сетке. Однако увеличение сеточного тока будет вызывать уменьшение роста анодного тока, а следовательно, будет уменьшаться и E_{II}. Это, в свою очередь, уменьшит анодный ток, что приведет к еще большему уменьшению E_{II}.

К моменту времени t_3 напряжение на сетке определяется в основном отрицательным напряжением на конденсаторе C_1, поэтому крутизна характеристики анодного тока возрастает и вновь появляется лавинообразный процесс. Но теперь этот процесс происходит в обратном направлении, так как анодный ток спадает. Спадающий ток наводит в сеточной цепи генератора отрицательный импульс напряжения.

В момент времени t_4 на сетке лампы действует большое отрицательное напряжение и лампа запирается.

В схеме останется единственный процесс — разряд конденсатора C_1 через резистор R_1 и сеточную обмотку трансформатора, т. е. тот процесс, с которого началось рассуждение.

Очевидно, что если резистор R_1 будет переменным, то можно будет менять величину постоянной времени разряда конденсатора C_1, а следовательно, и частоту генерируемых колебаний.

7.4. Соединение блокинг-генератора с цепью, формирующей пилообразное напряжение

Блокинг-генератор и схема с разрядной лампой собирались обычно на отдельных триодах, но с целью экономии ламп и деталей блокинг-генератор и разрядная лампа объединяются в одну схему (рис. 7.4). Когда лампа заперта большим отрицательным

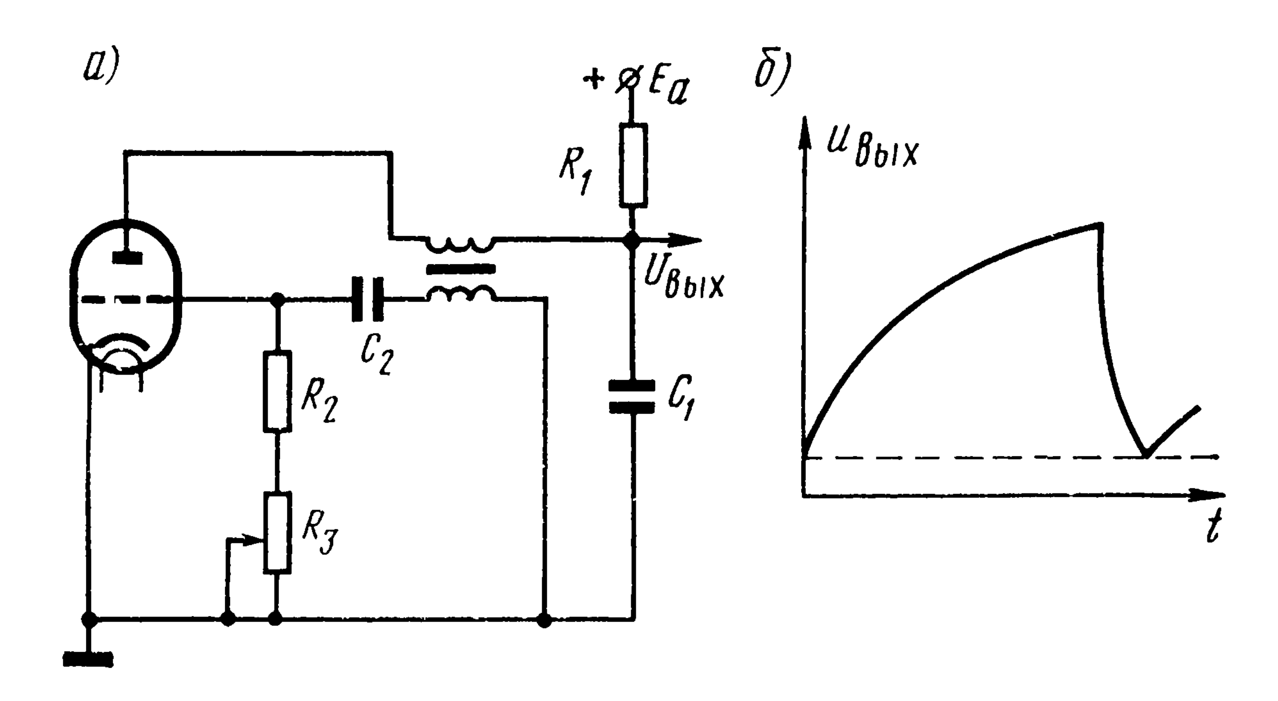


Рис. 7.4. Схема блокинг-генератора с цепью, формирующей пилообразное напряжение

напряжением на сетке, идет заряд конденсатора C_1 через резистор R_1 от источника $E_а$ — прямой ход луча, а во время обратного хода, когда лампа открыта, конденсатор C_1 разряжается через малое внутреннее сопротивление открытой лампы.

Как видно из рис. 7.4*б*, на конденсаторе C_1 в результате работы схемы образовалось пилообразное напряжение. Это напряжение имеет значительную нелинейность и в практических схемах для ее уменьшения увеличивают τ заряда конденсатора и питают анод лампы блокинг-генератора от источника повышенного напряжения. Затем полученное пилообразное напряжение используется для возбуждения выходного каскада, в анодной цепи которого включены отклоняющие катушки и в них должен быть получен пилообразный ток.

Однако следует выяснить, какой формы напряжение надо приложить к отклоняющим катушкам, чтобы получить в них ток пилообразной формы.

7.5. Получение пилообразного тока в отклоняющих катушках

На рис. 7.5*а* изображена эквивалентная схема отклоняющей системы, которая, кроме индуктивности L, содержит активное сопротивление R провода катушки.

Напряжение $U_к$, приложенное к отклоняющим катушкам, состоит из суммы двух напряжений U_R и U_L:

$$U_к = U_L + U_R .$$

Для выяснения формы напряжения $U_к$ будем предполагать, что $R \gg L$, а затем, наоборот, что $L \gg R$. Так как ток, протекающий через катушки, должен быть пилообразным (рис. 7.5*б*), то $U_R = IR$

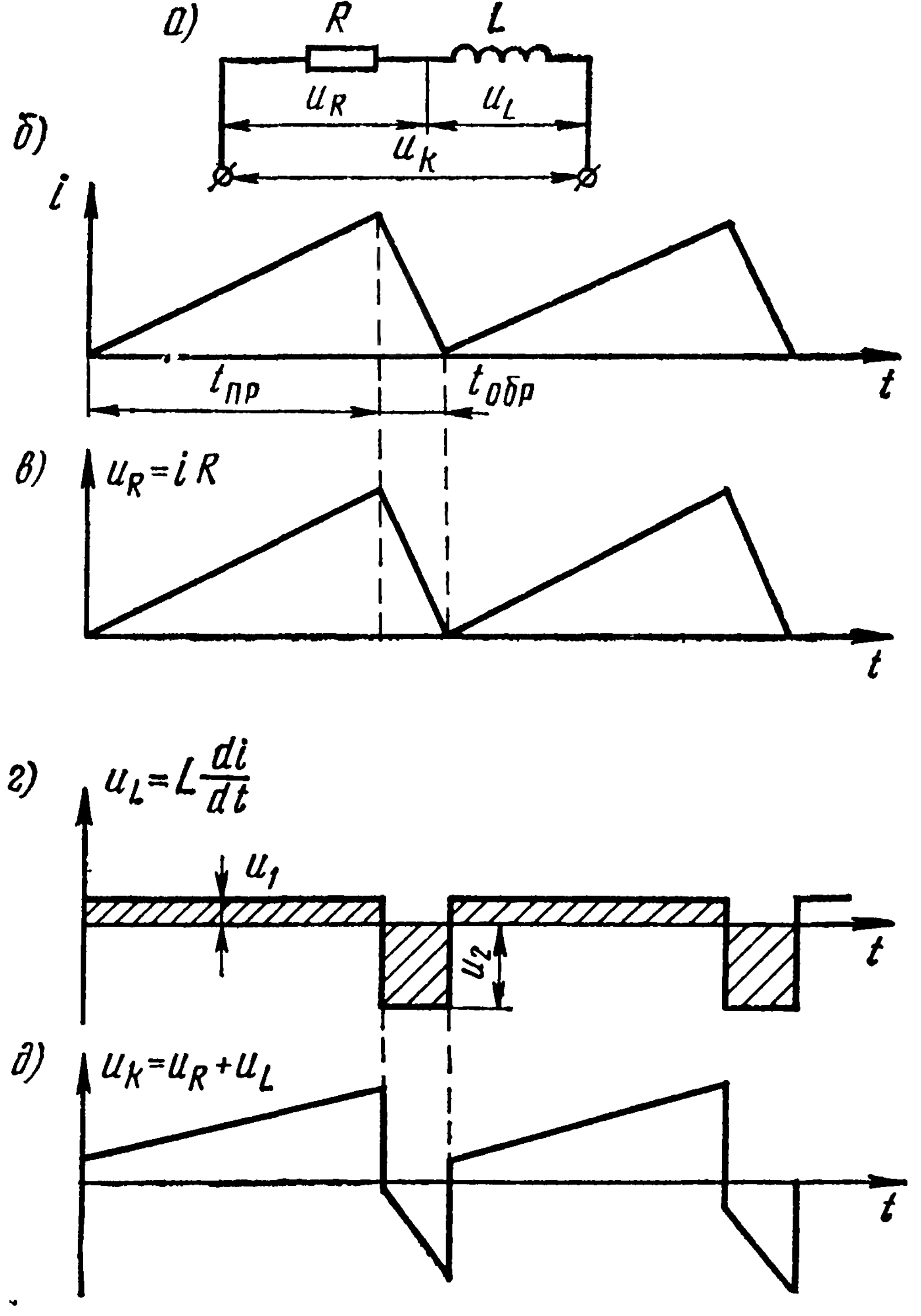


Рис. 7.5. Эквивалентная схема отклоняющей катушки и графики напряжения на ее участках

тоже будет пилообразным, т. е. если предположить, что $R \gg L$, то для получения пилообразного тока в отклоняющих катушках к ним необходимо подвести пилообразное напряжение (рис. 7.5*в*). Следует иметь в виду, что $R \gg L$ может быть в цепи, где частота пилообразного тока низкая.

Если предположить, что $L \gg R$, то $U_L = L \frac{di}{dt}$ будет величиной постоянной, так как скорость изменения тока во времени $\frac{di}{dt}$ для

пилообразного тока постоянна, а L — тоже величина постоянная. Скорость изменения тока во времени будет величиной разной лишь для прямого и обратного хода луча, поэтому для $t_{пр}$, где скорость меньше, U_L имеет меньшую аплитуду, чем для $t_{обр}$, где скорость значительно больше. Кроме того, во время обратного хода ток меняет направление, поэтому U отрицательно.

Таким образом, для получения в отклоняющих катушках, где $L \gg R$, пилообразного тока, к ним следует подводить импульсное напряжение (рис. 7. 5 г).

Из сказанного следует, что $U_к = U_L + U_R$ будет содержать импульсную и пилообразную составляющие, соотношение величин которых определяется значением активного R и индуктивного XL сопротивления катушки.

Форма такого напряжения называется пилообразно-импульсной (рис. 7.5*д*).

7.6. Получение пилообразно-импульсного напряжения

Для получения управляющего напряжения пилообразно-импульсной формы в схеме блокинг-генератора с формирующей цепью последовательно с конденсатором C_1 включается резистор R_3 (рис. 7.6*а*). До тех пор, пока лампа блокинг-генератора запер-

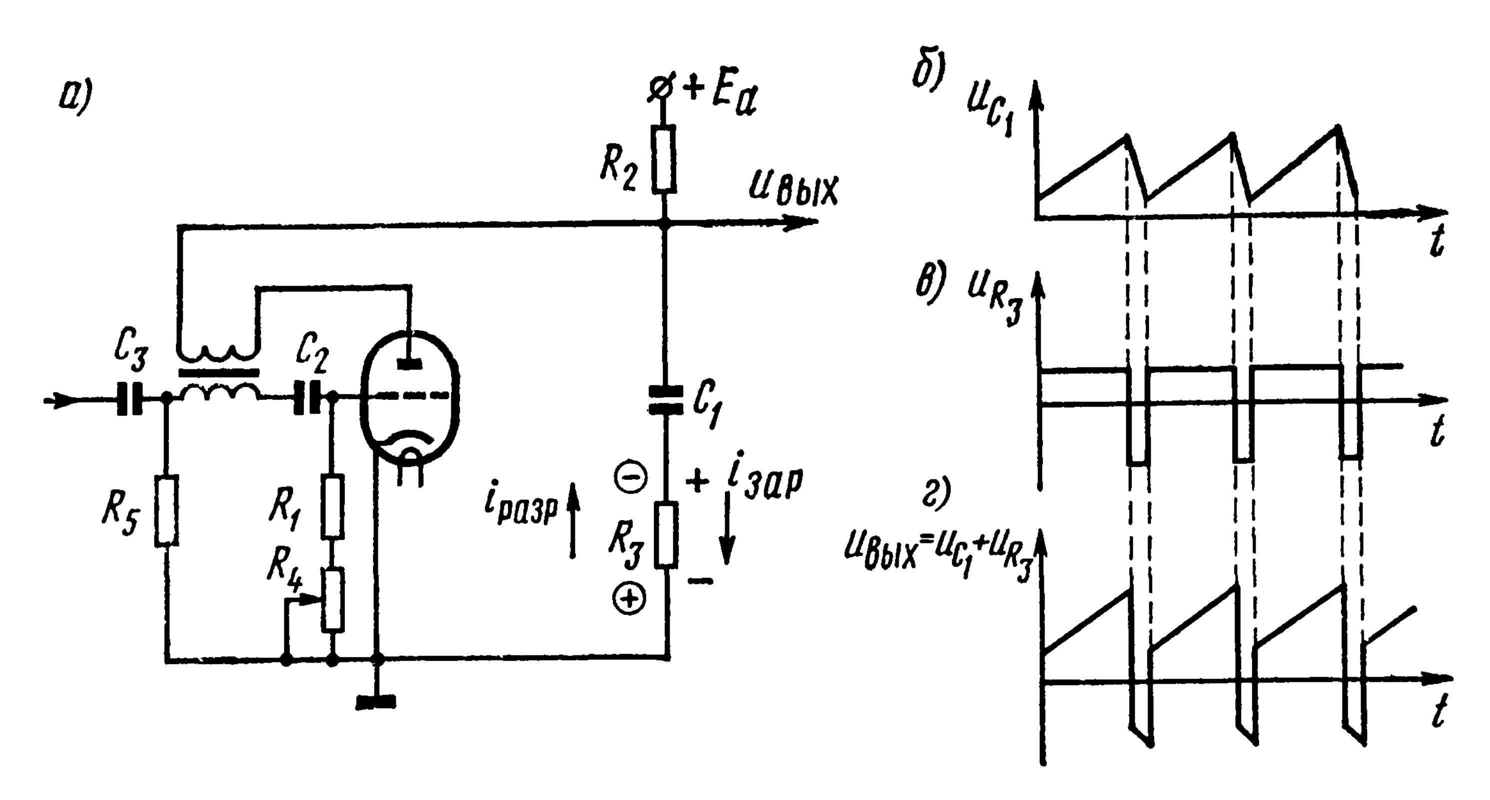


Рис. 7.6. Получение пилообразно-импульсного напряжения: *а*, принципиальная схема; *б*, *в*), *г*) графики, поясняющие работу схемы

та, идет медленный заряд конденсатора C_1 через резистор R_2, а когда лампа открыта — быстрый разряд конденсатора через малое сопротивление R_i открытой лампы. В результате на конденсаторе C_1 образуется напряжение U_{C_1} (рис. 7.6*б*).

Для упрощения рассуждений допустим, что конденсатор C_1 заряжается и разряжается током постоянной величины. Во время его заряда ток $i_{зар}$, протекая по резистору R_3, создает на нем положительное относительно шасси напряжение. Разрядный ток будет тоже протекать через резистор R_3, а так как величина $i_{раз}$ зна-

чительно больше величины $i_{зар}$, то и напряжение на R_3 в этом случае больше. Разрядный ток течет по резистору R_3 в противоположном направлении, поэтому он создает отрицательное относительно шасси напряжение. В результате на резисторе R_3 образуется импульсное напряжение U_{R_3} (рис. 7.6*в*). Выходное напряжение $U_{вых}=U_c+U_R$ имеет пилообразно-импульсную форму (рис. 7.6*г*).

7.7. Синхронизация блокинг-генератора

Синхронизация генераторов развертки необходима для точного согласования во времени движения электронного луча по экрану приемной трубки и движения электронного луча по мишени передающей трубки.

Синхронизация осуществляется путем подачи синхронизирующих импульсов на сетку или анод блокинг-генератора (или любого другого генератора развертки). Эти импульсы, складываясь с напряжением на соответствующем электроде, отпирают лампу генератора в определенное время. При этом принудительная синхронизация будет осуществляться только в том случае, если частота синхроимпульсов выше собственной частоты генератора, так как в противном случае синхроимпульсы будут приходить тогда, когда лампа уже открыта и генератор работает в автоколебательном режиме. Отсюда следует основное условие синхронизации: собственная частота колебания генератора должна быть несколько ниже частоты повторения синхроимпульсов.

При отсутствии синхронизирующих импульсов лампа блокинг-генератора открывается в моменты t_1, t_2, t_3 и т. д., т. е. с интервалом времени T_0, который соответствует периоду собственных колебаний блокинг-генератора (рис. 7.7*а*).

Наличие в сеточной цепи импульсов синхронизации (рис. 7.7*б*) приводит к тому, что лампа открывается несколько раньше, т. е. в моменты t_1' t_2' t_3' и т. д. (рис. 7.7*в*).

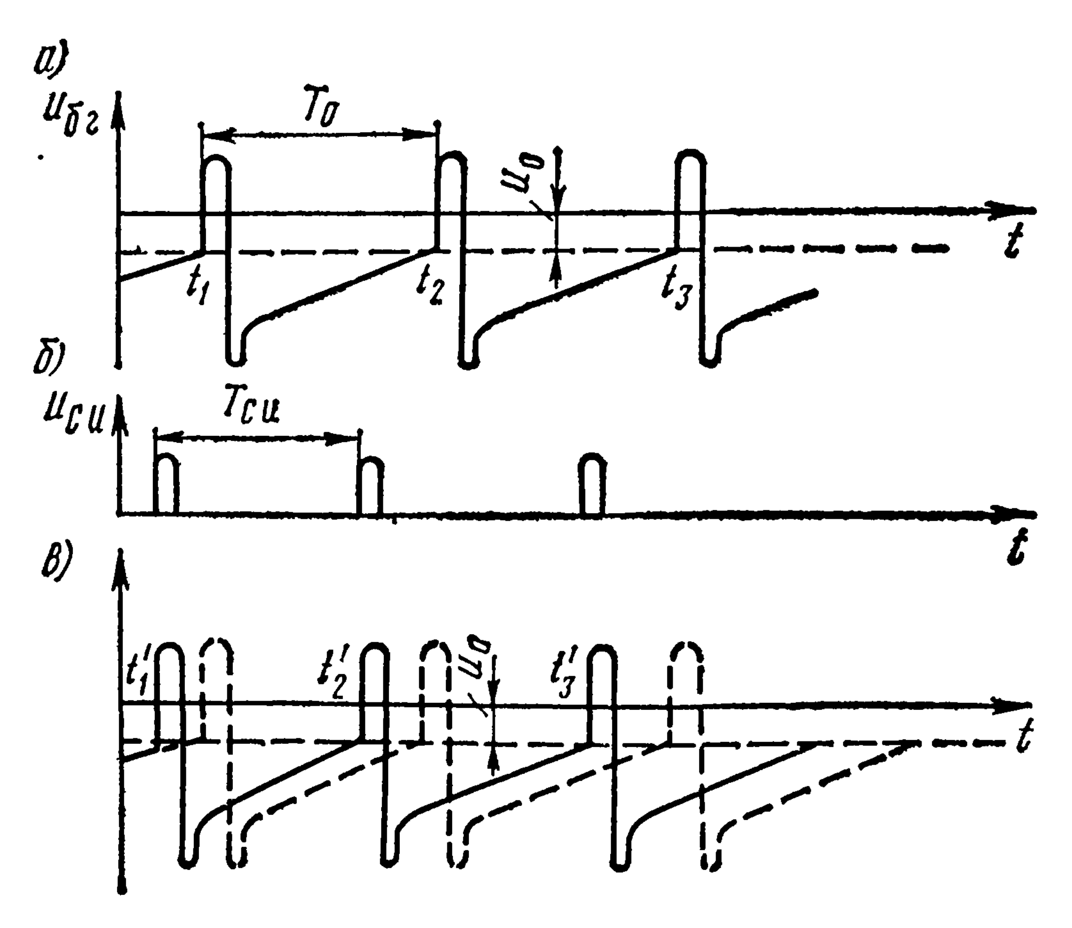


Рис. 7.7. Графики, поясняющие процесс синхронизации блокинг-генератора положительными импульсами

Для подстройки требуемой частоты собственных колебаний резистор в сеточной цепи блокинг-генератора делается переменным.

Для устойчивой синхронизации необходимо также, чтобы передние фронты синхроимпульсов были крутыми. Если же они пологие, то время отпирания лампы будет неодинаковым, так как более крутые импульсы

будут открывать блокинг-генератор раньше, чем менее крутые, и частота колебаний будет меняться. Кроме того, амплитуда синхроимпульсов должна иметь достаточную величину и соответствующую полярность.

Обычно синхронизация блокинг-генератора осуществляется подачей на управляющую сетку лампы положительных импульсов, хотя для синхронизации могут быть использованы и отрицательные синхроимпульсы, но в этом случае они вводятся в анодную цепь и трансформируются в сеточную цепь в виде положительных импульсов.

На рис. 7.8 показан процесс синхронизации при удвоенной частоте синхроимпульсов, которая имеет место в моменты прихода уравнивающих импульсов и «врезок». Так как в промежутках между ведущими синхроимпульсами, отмеченными на рис. 7. 8 стрелками, лампа блокинг-генератора надежно заперта, то дополнительные импульсы, хотя и изменяют напряжение на ее сетке, но не оказывают никакого влияния на работу блокинг-генератора. Это также обеспечивает его помехоустойчивость против случайных импульсов, попадающих в канал синхронизации в интервалах между синхроимпульсами.

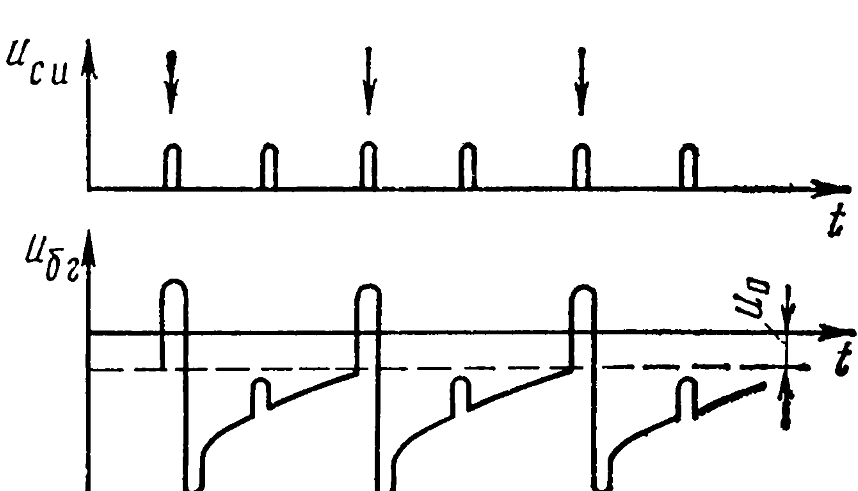


Рис. 7.8. Синхронизация блокинг-генератора импульсами удвоенной частоты

Однако случайные импульсы (всякого рода помехи) могут нарушить синхронизацию, если они попадут на сетку блокинг-генератора в момент, близкий к отпиранию лампы ведущим синхроимпульсом, так как в этот момент кривая разряда сеточного конденсатора имеет пологий характер и достаточна незначительная амплитуда помехи, чтобы вызвать преждевременное отпирание лампы блокинг-генератора, т. е. нарушение стабильности его работы (рис. 7.9, участок *АБ*).

Для уменьшения вероятности запуска генератора импульсами помех, приходящими перед синхроимпульсом, крутизна кривой разряда сеточного конденсатора должна быть максимально возможной.

Имеется ряд схем блокинг-генератора, которые обеспечивают выполнение этого требования, а следовательно, обладают большей стабильностью. К ним относятся: блокинг-генератор с поло-

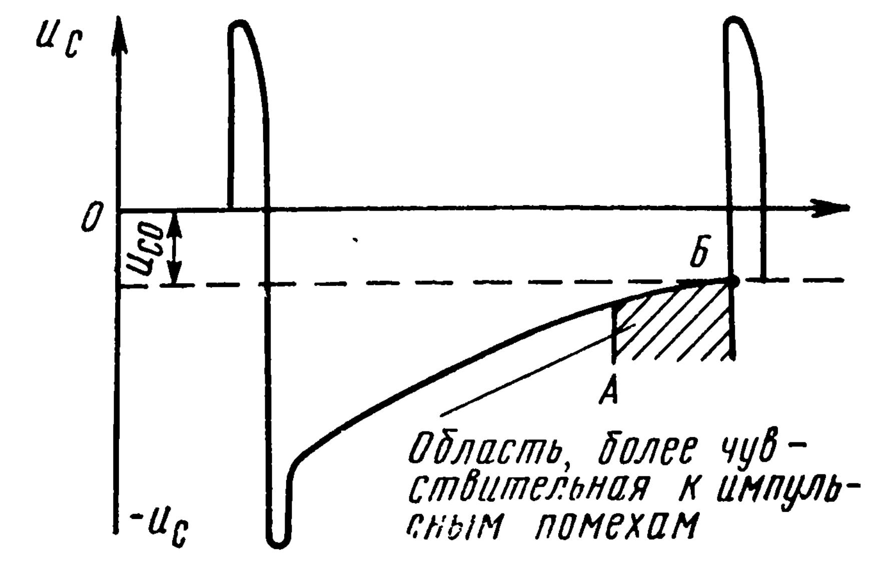


Рис. 7.9. График напряжения на сетке лампы блокинг-генератора

жительной сеткой, блокинг-генератор с контуром ударного возбуждения и др., работа которых будет рассмотрена в следующих параграфах.

7. 8. Блокинг-генератор с «положительной сеткой»

Схема блокинг-генератора с «положительной сеткой» представлена на рис. 7. 10*а*. В ней резистор R присоединяется не к шасси, как обычно, а к источнику постоянного положительного напряже-

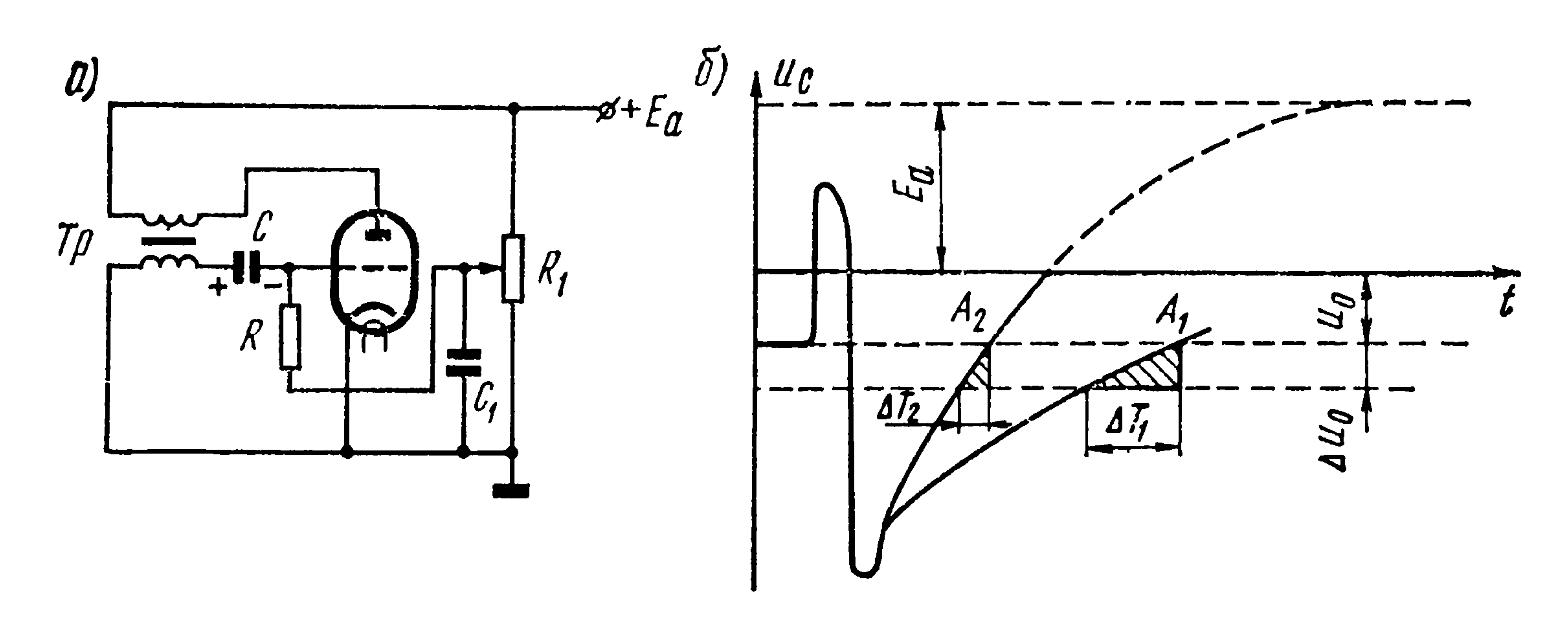


Рис. 7.10. Блокинг-генератор с «положительной сеткой»:
а) принципиальная схема; *б), в), г)* графики, поясняющие работу схемы

ния, поэтому конденсатор C при запертой лампе не разряжается до напряжения отсечки, а перезаряжается до напряжения источника (на самом деле это не происходит, так как при достижении напряжения отсечки U_0 лампа открывается и конденсатор C начинает вновь заряжаться). В этом случае крутизна кривой в точке A_2 (рис. 7. 10*б*) больше, чем в точке A_1, а следовательно, случайные изменения напряжения отсечки ΔU_0 вызывают меньшую нестабильность периода повторения импульсов, так как $\Delta T_2 < \Delta T_1$.

Из рассмотрения схемы следует, что она повышает стабильность работы блокинг-генератора. Период колебаний в такой схеме можно регулировать, изменяя потенциометром R_1 постоянное напряжение на сетке лампы.

Этот метод используется в схемах строчной синхронизации с автоподстройкой, где управляющее напряжение подается в сеточную цепь лампы блокинг-генератора и подстраивает ее частоту и фазу к частоте и фазе синхроимпульсов. Причем эффективность автоподстройки в схеме с «положительной сеткой» значительно больше.

7. 9. Блокинг-генератор с контуром ударного возбуждения

Для повышения помехоустойчивости и стабильности частоты задающего генератора широко используется применение резонансного стабилизирующего контура LC, который называется контуром ударного возбуждения или «звенящим» контуром. Контур LC

вводится в схему блокинг-генератора и настраивается на частоту, несколько бо́льшую частоты развертки (рис. 7.11*а*). Этим самым образуется как бы внутренняя синхронизация частоты генератора резонансной частотой контура *LC*.

Когда лампа блокинг-генератора открыта, сеточный ток проходит через контур и в нем накапливается энергия. После запирания лампы в контуре возникают собственные затухающие синусо-

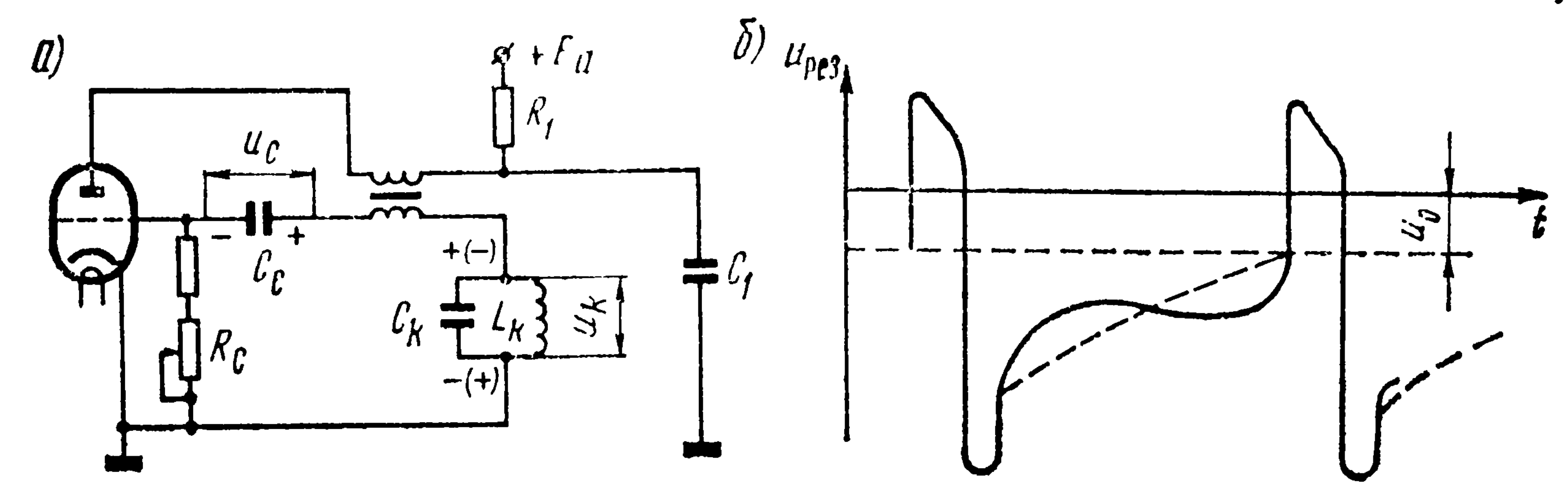


Рис. 7.11. Блокинг-генератор с контуром ударного возбуждения: *а)* принципиальная схема; *б)* график напряжения на сетке

идальные колебания. При этом результирующее напряжение на сетке лампы $U_{рез}$ складывается из двух напряжений: напряжения на конденсаторе U_C и синусоидального напряжения колебательного контура $U_к$. При правильной настройке контура напряжение на сетке лампы будет иметь вид, показанный на рис. 7.11*б*. Из рисунка видно, что кривая изменения напряжения на сетке около точки отпирания лампы (сплошная линия) становится более крутой, а это повышает устойчивость генератора к импульсным помехам и точность момента срабатывания блокинг-генератора.

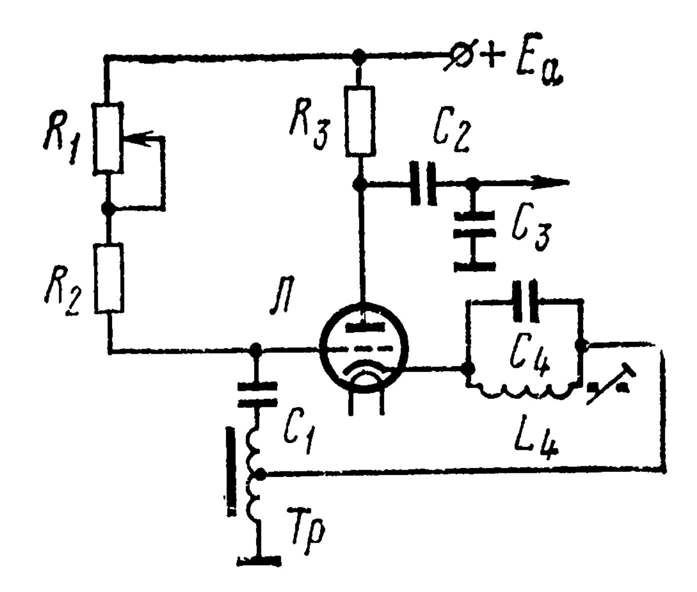


Рис. 7.12. Автотрансформаторная схема блокинг-генератора

На рис. 7. 12 представлена автотрансформаторная схема блокинг-генератора с катодно-сеточной связью. Такая схема обеспечивает высокую стабильность работы, так как сетка присоединяется к положительному потенциалу и генератор включает в себя резонансный контур.

Принцип действия генератора аналогичен рассмотренному в § 7.3.

7. 10. Блокинг-генератор на транзисторе

До 1956 г. вся приемная телевизионная сеть собиралась в основном на радиолампах. С 1967 г. началась транзисторизация телевизоров, и в настоящее время промышленность выпускает большое количество черно-белых и цветных телевизоров, в которых ряд блоков или все блоки собраны на транзисторах.

В таких телевизорах в качестве задающего генератора обычно используется блокинг-генератор на транзисторе. Он аналогичен ламповому варианту блокинг-генератора, т. е. представляет собой усилительный каскад, охваченный с помощью трансформатора сильной положительной обратной связью. Одну из обмоток трансформатора включают в цепь базы транзистора, а другую обмотку можно включить либо в цепь коллектора (коллекторно-базовая связь), либо в цепь эмиттера (эмиттерно-базовая связь).

На рис. 7.13*а* изображена практическая схема транзисторного блокинг-генератора с коллекторно-базовой связью. Рассмотрим ее работу.

Большую часть периода колебаний блокинг-генератора транзистор находится в закрытом состоянии за счет того, что отрицатель-

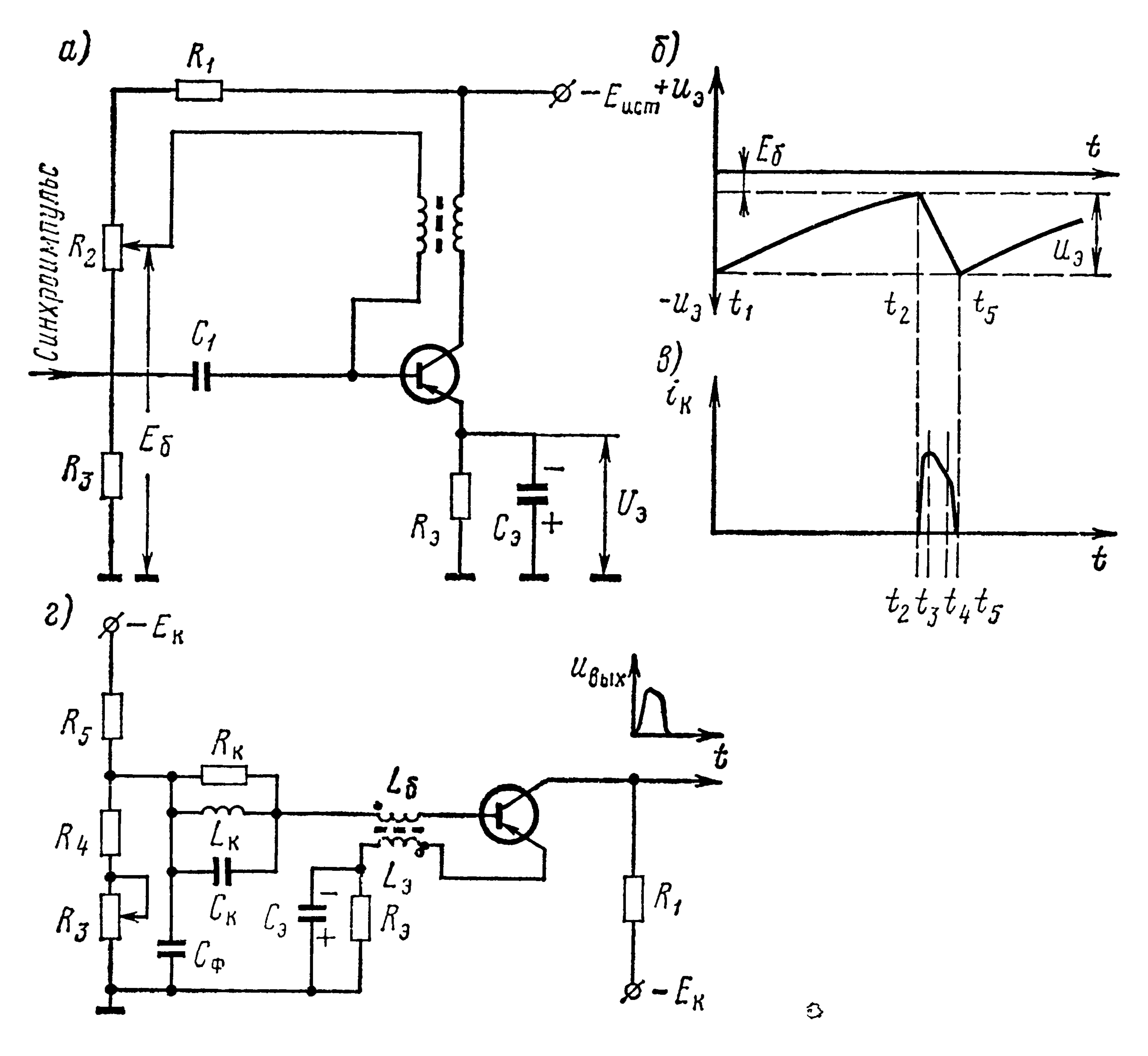


Рис. 7.13. Блокинг-генератор на транзисторе:
а) блокинг-генератор с коллекторно-базовой связью; *б)* график напряжения на конденсаторе $C_э$; *в)* график коллекторного тока; *г)* блокинг-генератор с эмиттерно-базовой связью

ное напряжение на эмиттере $U_э$ больше отрицательного напряжения на базе $E_б$, подводимого от делителя напряжения R_1 R_2 R_3. В это время конденсатор $C_э$ медленно разряжается через резистор $R_э$ (рис. 7.13*б*, промежуток времени t_1—t_2). Когда отрицательное

напряжение на конденсаторе $C_э$ станет по абсолютной величине меньше напряжения на базе $E_б$ (время t_2), транзистор откроется и через первичную обмотку трансформатора потечет нарастающий коллекторный ток, который вызовет появление отпирающего напряжения во вторичной обмотке трансформатора и, следовательно, тока в цепи базы транзистора. Это еще больше отопрет транзистор, т. е. коллекторный ток станет еще сильнее увеличиваться, а благодаря сильной положительной обратной связи процесс увеличения коллекторного тока будет развиваться лавинообразно и закончится насыщением транзистора (рис. 7.13*в*, время t_3). Затем некоторое время t_3—t_4 транзистор будет находиться в открытом состоянии; за это время конденсатор $C_э$ будет заряжаться током эмиттера и отрицательное напряжение на нем $U_э$ будет быстро расти, транзистор начнет запираться, ток коллектора будет уменьшаться, что вызовет уменьшение тока базы и еще большее запирание транзистора.

Под действием положительной обратной связи запирание транзистора будет тоже проходить лавинообразно и к моменту времени t_5 он закроется совсем. Затем процесс повторится.

Пилообразное напряжение в рассматриваемой схеме формируется на конденсаторе $C_э$.

Время, в течение которого транзистор блокинг-генератора закрыт, соответствует прямому ходу пилообразного напряжения, а время, когда транзистор открыт,— обратному ходу (рис. 7.13*б*).

Собственную частоту блокинг-генератора можно регулировать, изменяя постоянное напряжение на базе транзистора при помощи потенциометра R_2. Синхронизация блокинг-генератора осуществляется аналогично ламповой схеме, т. е. подачей через разделительный конденсатор синхроимпульса в цепь базы или коллектора в определенной полярности.

На рис. 7.13*г* представлена схема блокинг-генератора с эмиттерно-базовой связью.

Здесь также транзистор заперт отрицательным напряжением, которое образуется на конденсаторе $C_э$ в результате заряда его эмиттерным током во время формирования импульса.

По мере разряда конденсатора $C_э$ через резистор $R_э$ разность потенциалов между базой и эмиттером уменьшается, транзистор открывается и в промежутке эмиттер — коллектор появляется ток, который вызовет ЭДС самоиндукции на эмиттерной обмотке и ЭДС взаимоиндукции на базовой обмотке блокинг-генератора. ЭДС взаимоиндукции ускоряет нарастание тока эмиттера и коллектора (процесс нарастает лавинообразно) до того момента, пока не наступит насыщение тока коллектора. Коллекторный ток образует на резисторе R_1 положительное напряжение, которое будет постоянным в течение того времени, пока транзистор открыт. При этом током эмиттера заряжается конденсатор $C_э$, транзистор начинает постепенно закрываться, уменьшая ток эмиттера — коллектора. Это уменьшение тока трансформируется в базовую цепь, и лавинообразный процесс запирает транзистор, а напряжение на

R_1 при этом падает до нуля. Транзистор остается запертым до тех пор, пока конденсатор $C_э$ не разрядится через $R_э$ до потенциала, открывающего транзистор. Таким образом, во время работы схемы на резисторе R_1 создаются импульсы напряжения в положительной полярности, которые затем используются для управления работой разрядной цепи, формирующей пилообразно-импульсное напряжение.

Для повышения помехоустойчивости схемы в базовую цепь транзистора включен «звенящий» контур $L_кC_к$, зашунтированный резистором $R_к$.

Для нормальной работы блокинг-генератора напряжение на базе транзистора относительно земли должно быть несколько меньше напряжения на эмиттере. Режим базовой цепи транзистора задается делителем $R_3R_4R_5$. Изменяя сопротивление резистора R_3, можно изменять потенциал базы транзистора и тем самым частоту колебаний генератора.

7. 11. Мультивибратор

В последнее время широко распространен в качестве задающего генератора строчной развертки мультивибратор с анодно-катодной связью. Это объясняется тем, что стабильность его работы по сравнению с блокинг-генератором несколько выше в связи с отсутствием трансформатора.

Мультивибратор представляет собой двухкаскадный усилитель напряжения на резисторах, у которого выход первого усилителя соединен со входом второго усилителя через конденсатор C_2 (рис. 7.14*а*). Кроме того, второй усилитель связан с первым через общий катодный резистор R_3. При таком соединении каскадов образуется положительная обратная связь и в усилителе создаются условия для генерации.

Здесь первая лампа вырабатывает узкие положительные импульсы напряжения, вторая — напряжение пилообразно-импульсной формы.

Процесс работы мультивибратора заключается в поочередном запирании триодов, причем отпирание левого триода вызывает запирание правого и наоборот. Частота периодического запирания триодов зависит от параметров схемы.

Рассмотрение работы мультивибратора удобнее начать с момента времени t_1, когда лампа $Л_2$ только что закрылась.

Запирание лампы произошло по трем причинам:

1. Положительное напряжение на ее аноде резко уменьшилось, так как конденсатор C_3 к этому моменту полностью разрядился через лампу.

2. Отрицательное напряжение на сетке велико, так как конденсатор C_2 к этому моменту заряжен сеточным током лампы.

3. На резисторе R_3 образуется отрицательное напряжение, которое через резисторы R_5, R_6 тоже поступает на сетку лампы $Л_2$.

В схеме происходят процессы разряда конденсатора C_2 через открытую лампу $Л_1$ и резисторы R_3, R_6, R_5 (рис. 7.14*в*, кривая 1) и заряда конденсатора C_3 от источника питания (рис. 7.14, кривая *2*). Эти два процесса приводят к тому, что в момент времени t_2 напряжение на сетке $Л_2$ достигает потенциала отсечки анодного

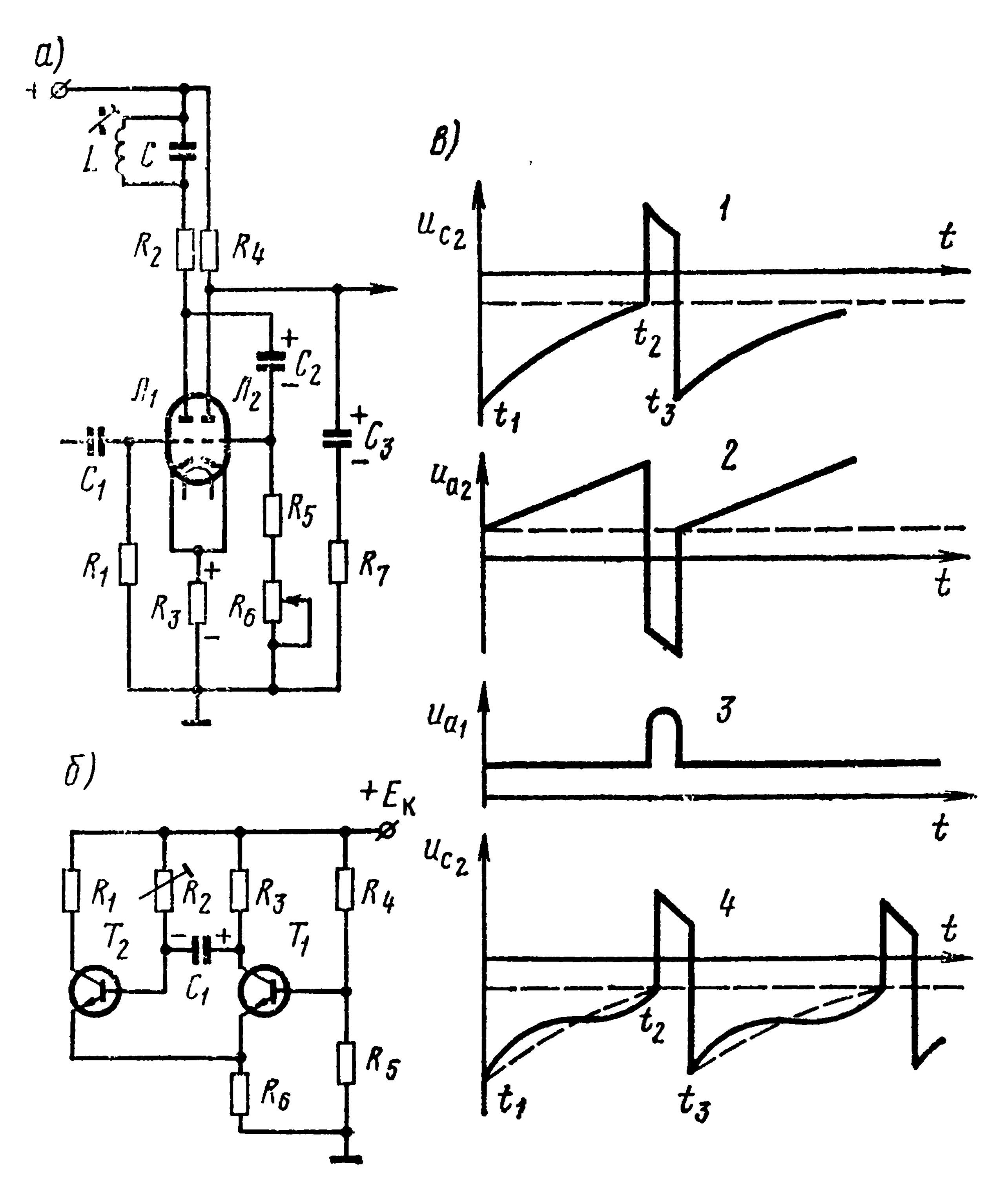


Рис. 7.14. Мультивибратор:
а) ламповая схема; *б)* мультивибратор на транзисторах; *в)* графики, поясняющие работу схем

тока, а напряжение на аноде $Л_2$ становится максимальным и лампа открывается.

Появление анодного тока лампы $Л_2$ приводит к увеличению напряжения на катодном резисторе R_3. Это напряжение через резистор R_1 будет поступать минусом на сетку лампы $Л_1$ и вызывать уменьшение ее анодного тока. Напряжение на аноде лампы $Л_1$ при этом увеличивается, так как $U_{a1}=E_a-I_{a1}R_2$ (рис. 7.14*в*, кривая *3*). Повышение анодного напряжения на $Л_1$ через конденсатор C_2 будет передано на сетку $Л_2$, что, в свою очередь, вызовет увеличение ее анодного тока I_{a2} и еще большего увеличения напряжения на резисторе R_3. Это приведет к новому увеличению величин U_{a1} и I_{a2}, и начавшийся процесс будет лавинообразно возрастать. В результате к моменту времени t_3 лампа $Л_1$ запрется.

В период t_2—t_3 работает лампа $Л_2$ и за счет увеличения напряжения на аноде лампы $Л_1$ появляется сеточный ток лампы $Л_2$, который начинает заряжать конденсатор C_2. Внутреннее сопротивление открытой лампы $Л_2$ в это время мало и конденсатор C_3 быстро разряжается через нее. Увеличение отрицательного напряжения на конденсаторе C_2, с одной стороны, и уменьшение напряжения на аноде лампы $Л_2$, с другой, вызывают уменьшение ее анодного тока, а следовательно, и уменьшение отрицательного напряжения на резисторе R_3. В результате в момент времени t_3 лампа $Л_1$ откроется. Появление анодного тока этой лампы вызовет уменьшение напряжения на ее аноде, а следовательно, и на сетке лампы $Л_2$, что приведет к еще большему уменьшению тока лампы $Л_2$. Это, в свою очередь, еще больше уменьшит отрицательное напряжение на резисторе R_3, увеличит ток I_{a1} и уменьшит напряжение на сетке лампы $Л_2$.

Таким образом, происходит обратный лавинообразный процесс увеличения тока I_{a1} и уменьшения тока I_{a2} вплоть до полного его исчезновения, когда лампа $Л_2$ запрется. Затем снова будет разряд конденсатора C_2 и заряд конденсатора C_3, т. е. процесс повторится.

Напряжение пилообразно-импульсной формы образуется на цепочке C_3R_7 и используется для управления работой выходной лампы.

Для повышения стабильности работы в схему мультивибратора включают стабилизирующий контур LC. Импульсы, генерируемые мультивибратором, возбуждают колебания в контуре, который включен в анодную цепь первой лампы. Синусоидальное напряжение, полученное в этом контуре, через конденсатор C_2 поступает на сетку второй лампы (рис. 7.14*в*, кривая *4*), при этом крутизна спада напряжения в месте подхода к напряжению отсечки увеличивается и помехоустойчивость мультивибратора повышается.

На рис. 7.14*б* приведена схема транзисторного мультивибратора с эмиттерной связью, аналогичная ламповой схеме с катодной связью.

Здесь так же, как и в ламповом мультивибраторе, должны выполняться условия самовозбуждения, т. е. связь между плечами должна быть положительной и коэффициент усиления каждого плеча должен быть больше единицы. Положительная обратная связь между плечами осуществляется через конденсатор C_1 и резистор в эмиттерной цепи R_6. Элементы C_1 и R_2 являются частотнозадающими.

У рассмотренных схем задающих генераторов, несмотря на наличие стабилизирующих контуров, период колебаний в сильной степени зависит от режима и параметров ламп, так как форма токов и напряжений импульсная, резко отличная от синусоидальной.

Для существенного уменьшения влияния параметров ламп на период колебаний в современных телевизорах все больше применяется схема задающего генератора строчной развертки с генератором синусоидальных колебаний, обладающая очень высокой ста-

бильностью частоты, и последующим разрядным каскадом, в котором синусоидальное напряжение преобразуется в пилообразно-импульсное.

7.12. Задающий синусоидальный генератор

Схема задающего синусоидального генератора содержит гетеродин, собранный по индуктивной трехточке, частотой которого управляет реактивная лампа, и преобразующий каскад, в котором синусоидальное напряжение, полученное от гетеродина, преобразуется в прямоугольные импульсы. Эти импульсы управляют зарядно-разрядной цепью, на выходе которой получается пилообразно-импульсное напряжение. Для такой схемы обычно используется одна лампа триод-пентод (рис. 7.15*а*).

В этой схеме генератор синусоидальных колебаний собран на триодной части пентода, где роль анода выполняет экранная сетка.

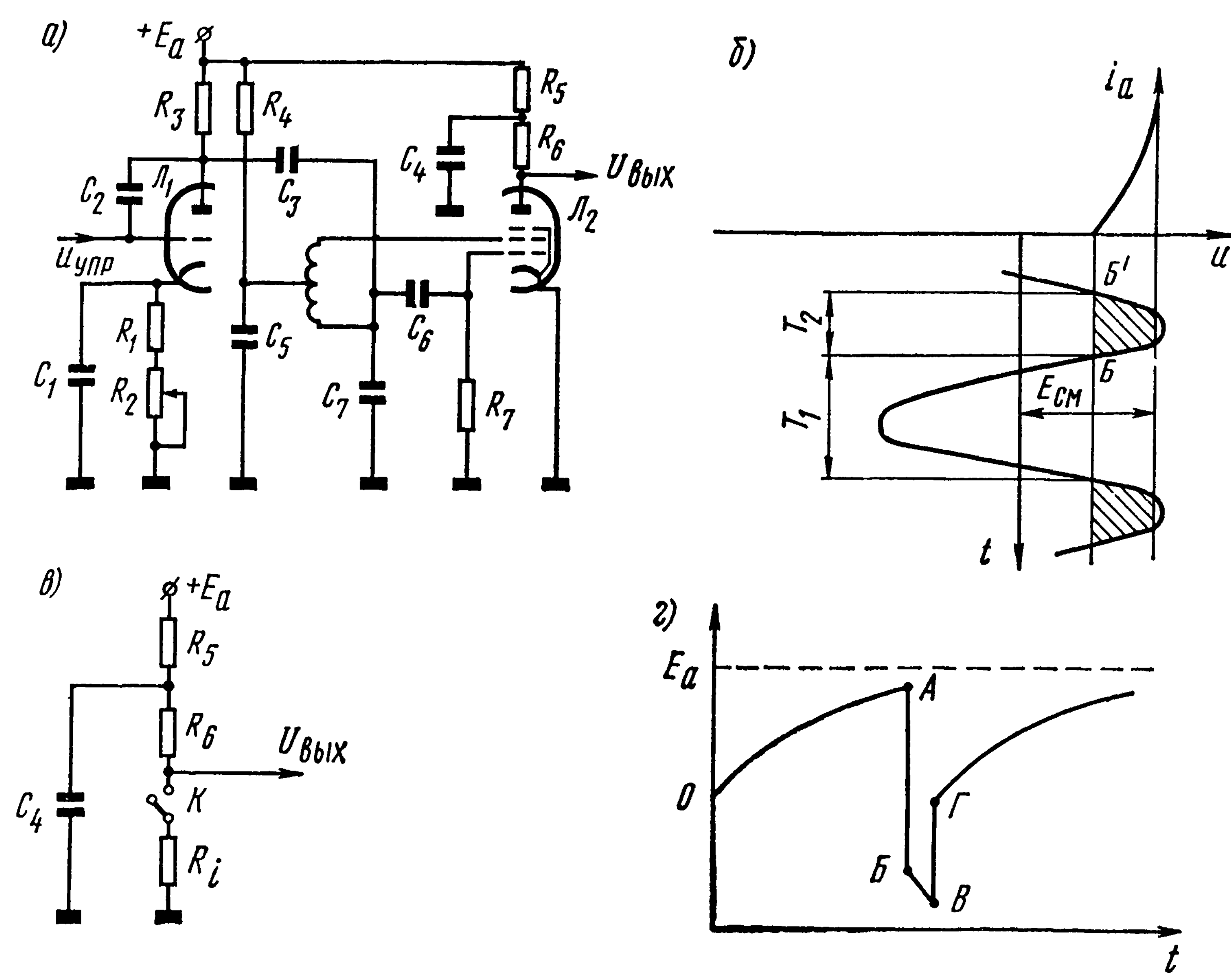


Рис. 7.15. Задающий синусоидальный генератор:
а) принципиальная схема; *б*) режим работы генератора; *в*) эквивалентная схема зарядно-разрядной цепи; *г*) график выходного напряжения

Анодная цепь пентода вместе с резисторами $R_5R_6C_4$ является формирующей.

Триод включен по схеме реактивной лампы. Его внутренняя емкость включена параллельно колебательному контуру; на сетку этого триода поступает управляющее напряжение, которое автоматически подстраивает частоту гетеродина.

Синусоидальное напряжение на управляющей сетке пентода имеет большой уровень (рис. 7.15*б*), поэтому в анодной цепи оно ограничивается сверху сеточным током и уходит за линию отсечки снизу, в результате чего приобретает форму прямоугольных импульсов. Эти импульсы действуют на пентод во время обратного хода луча, а во время прямого хода луча пентод заперт и конденсатор C_4 заряжается от источника E_a через резистор R_5 по экспоненциальному закону (рис. 7.15*г*, участок *ОА*). К концу заряда напряжение на аноде пентода возрастает и пентод открывается (замыкается ключ в эквивалентной схеме рис. 7.15*в*).

Напряжение, до которого к этому моменту зарядился конденсатор (рис. 7.15*г*, точка *А*), делится теперь между резистором R_6 и внутренним сопротивлением пентода R_i. Напряжение снимается с R_i, поэтому в момент отпирания лампы, когда $R_i \ll R_6$, выходное напряжение резко падает (рис. 7.15*г*, точка *Б*). Далее конденсатор C_4 разряжается через открытую лампу и напряжение на нем уменьшается, а значит, уменьшается и выходное напряжение (рис. 7.15*г*, точка *В*).

К этому моменту лампа вновь закрывается (ключ разомкнут) и на выходе действует то напряжение, которое осталось на конденсаторе после разряда (рис. 7.15*г*, точка *Г*). Затем конденсатор вновь заряжается до максимального напряжения.

В результате на выходе схемы получается стабильное пилообразно-импульсное напряжение.

7.13. Задающий генератор на тиратроне

В некоторых схемах в качестве задающего генератора кадровой развертки используется газоразрядный прибор с холодным катодом — тиратрон. Тиратроны типа ТХ4Б и ТХ4БТ[1] имеют четыре электрода: анод, катод и две сетки. Их особенностью является отсутствие накала (холодный катод) и наличие газа в колбе. Первая сетка используется для создания тока подготовки, а вторая — является управляющей. В промежутке первая сетка — катод за счет имеющегося там тока (ток подготовки) создается подготовительный разряд. При определенных величинах тока второй сетки и напряжения на аноде происходит зажигание тиратрона на участке анод — катод. Очевидно, что, изменяя ток второй сетки, можно управлять зажиганием тиратрона, поэтому вторая сетка названа управляющей.

На рис. 7.16 показана схема задающего генератора кадровой развертки на тиратроне. Эта схема используется в ряде современных телевизоров.

Принцип действия схемы заключается в следующем: во время прямого хода развертки промежуток анод — катод тиратрона заперт низким напряжением на аноде и конденсатор C_2 заряжается

[1]) Тиратрон типа ТХ4БТ является модернизацией тиратрона типа ТХ4Б и имеет по сравнению с ним более высокое напряжение зажигания, которое необходимо для получения пилообразного напряжения требуемого размаха.

через R_1 от источника E. Когда напряжение на конденсаторе (на аноде тиратрона) достигает потенциала зажигания, промежуток анод — катод пробивается, сопротивление его резко падает и конденсатор C_2 быстро разряжается через это сопротивление. Во вре-

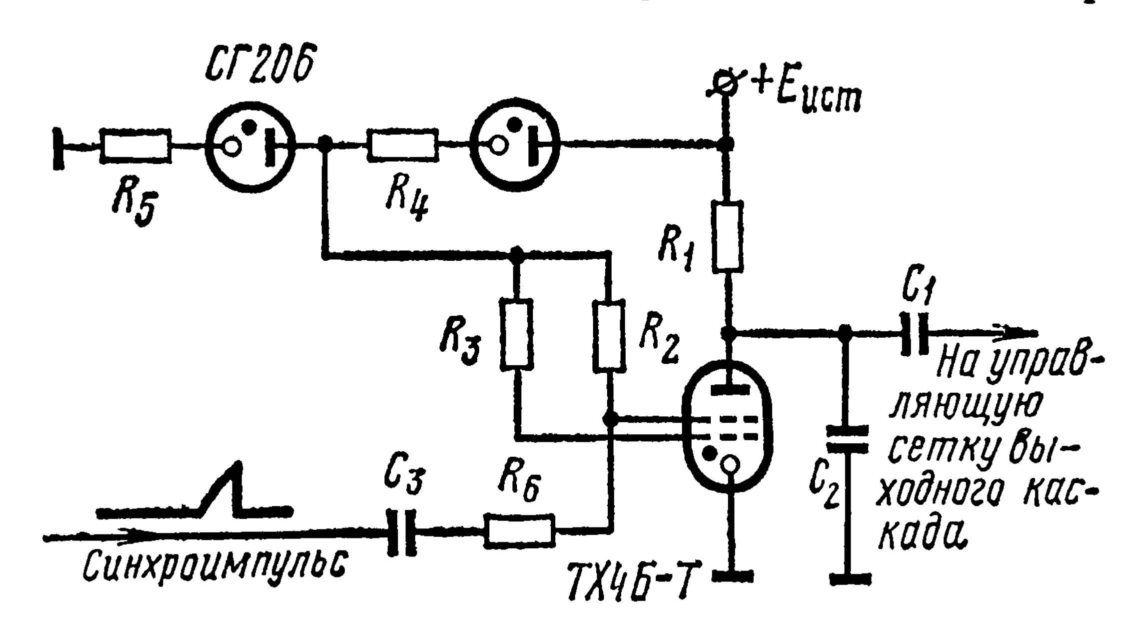


Рис. 7. 16. Схема задающего генератора на тиратроне

мя разряда напряжение на тиратроне уменьшается до определенной величины, ниже которой тиратрон гаснет и снова начинается заряд конденсатора.

Управляющее свойство второй сетки тиратрона используется для синхронизации колебаний генератора. На эту сетку подаются синхроимпульсы в положительной полярности.

Из рассмотренной схемы следует, что частота собственных колебаний зависит от напряжения зажигания, а также от напряжения источника. Поэтому для повышения стабильности колебаний электроды тиратрона питаются от стабилизированных источников тока. Постоянное напряжение на второй сетке можно изменять еще и вручную, изменяя тем самым период колебаний или его частоту.

7. 14. Фантастронная схема задающего генератора

Задающий генератор с высокой линейностью и стабильностью генерируемого напряжения можно построить по фантастронной схеме. Фантастронная схема, собранная на транзисторах, по начертанию напоминает мультивибратор, но, в отличие от него, здесь не оба транзистора работают в ключевом режиме, а только один, в то время как другой транзистор работает в усилительном режиме с глубокой отрицательной обратной связью.

Форма генерируемого колебания — линейно падающая пила. Схема генератора приведена на рис. 7. 17*а*. В этой схеме используются два транзистора с различной проводимостью: транзистор T_1 с проводимостью *npn*, работающий в усилительном режиме, и транзистор T_2 с проводимостью *pnp*, работающий в ключевом режиме. Пилообразное напряжение формируется на конденсаторе C_1.

Рассмотрение процессов в этой схеме целесообразно начать с момента t_1 (рис. 7. 17*б*), когда конденсатор C_1 быстро заряжается от плюса источника через открытый до насыщения транзистор T_2, резистор R_4 и транзистор T_1. Одновременно с конденсатором C_1 заряжается конденсатор C_2 от плюса источника через промежуток

эмиттер — база транзистора T_2 и транзистор T_1. Транзистор T_1 открыт всегда, так как к его базе через резисторы R_1 и R_2 приложено постоянное отпирающее напряжение, а на коллектор через резистор R_3 положительный потенциал поступает с конденсатора C_1. В это время оба транзистора находятся в усилительном режиме и

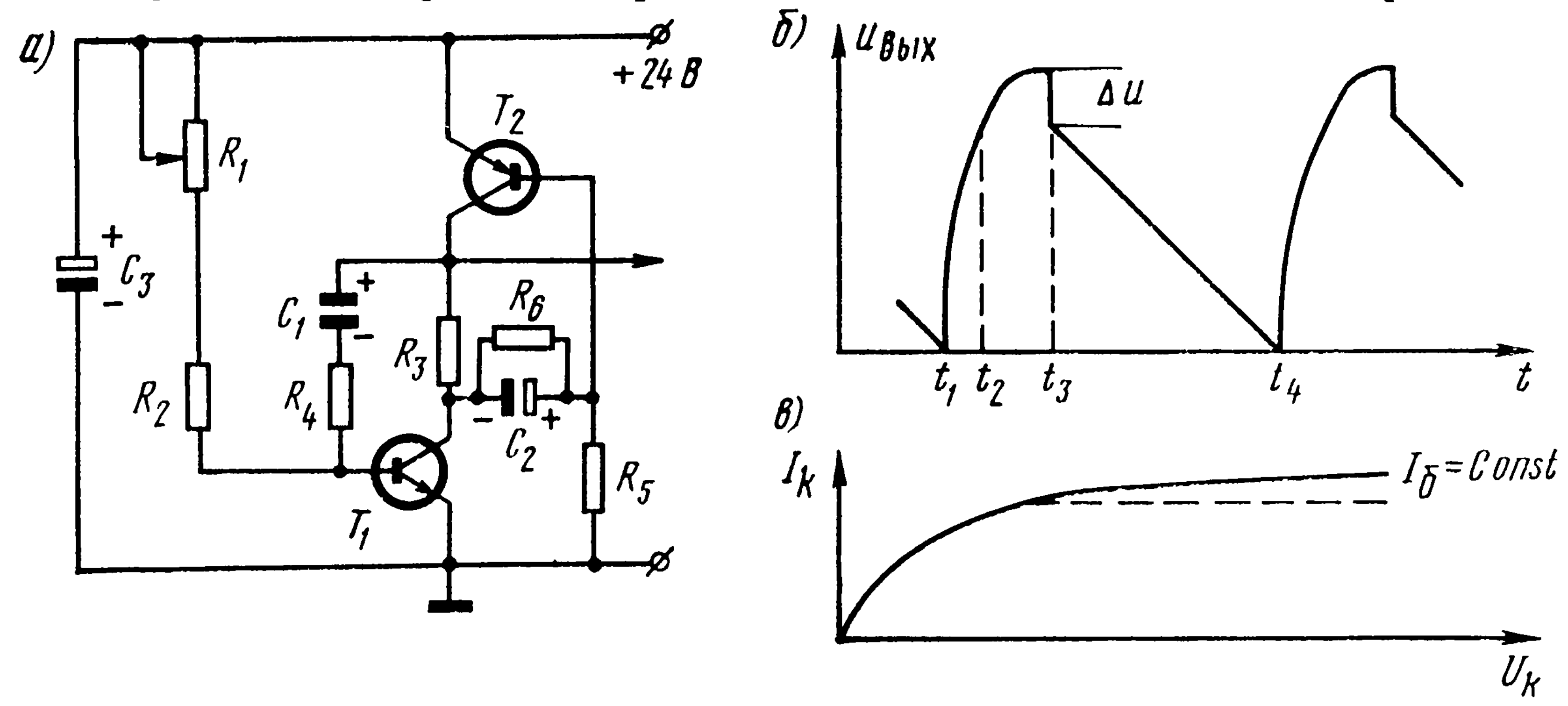


Рис. 7.17. Схема генератора по типу фантастрона: а) принципиальная схема; б) график выходного напряжения; в) выходная характеристика транзистора

схема представляет собой двухкаскадный усилитель, выход которого соединен со входом.

Заряд конденсатора C_1, который определяется сопротивлением насыщения транзистора T_2 и сопротивлением база — эмиттер транзистора T_1, имеет экспоненциальный характер, поэтому к концу заряда (рис. 7.17*б*, время t_2) ток уменьшается и напряжение в промежутке база — эмиттер транзистора T_1 становится меньше. Это вызывает уменьшение тока, проходящего через транзистор T_1, а при этом напряжение на его коллекторе возрастает. Увеличение напряжения через конденсатор C_2 передается на базу транзистора T_2 и начинает закрывать его.

Запиранию транзистора T_2 способствует и увеличение положительного потенциала на базе за счет заряда конденсатора C_2.

Уменьшение токов транзисторов T_1 и T_2 вызывает лавинообразный процесс запирания транзистора T_2, в результате чего к моменту времени t_3 он закроется, а транзистор T_1 перейдет в режим формирования пилообразного напряжения. В момент времени t_3 выходное напряжение уменьшится на некоторую величину ΔU (рис. 7.17*б*). Объясняется это тем, что $U_{вых}$ во время заряда C_1 определялось суммой напряжений на конденсаторе C_1 и резисторе R_4. Когда транзистор T_2 закрылся, ток заряда прекратился и выходное напряжение уменьшилось, так как оно в это время определялось только напряжением на конденсаторе C_1.

С момента времени t_3 до t_4 (рис. 7.17*б*) начинается медленный разряд конденсатора C_1 через резистор R_3, транзистор T_1, источник, резисторы R_1, R_2.

В результате разряда конденсатора C_1 через транзистор T_1 по-

течет коллекторный ток, постоянство величины которого определит строго линейный закон разряда конденсатора C_1.

Известно, что величина тока, проходящего через транзистор, мало зависит от напряжения на коллекторе при постоянном напряжении на базе (рис. 7.17*в*). Постоянство напряжения на базе транзистора T_1 обеспечивается резисторами R_1 и R_2.

Кроме того, отрицательная обкладка конденсатора C_1 соединена с базой транзистора T_1 и при уменьшении разрядного тока C_1 отрицательный потенциал на базе T_1 уменьшается, в результате чего разрядный ток становится еще более постоянным (рис. 7.17*в*, пунктир).

Таким образом, во время прямого хода развертки в генераторе имеется глубокая отрицательная обратная связь, поддерживающая постоянным ток разряда конденсатора C_1, а следовательно, линейность напряжения на нем. Когда напряжение на коллекторе транзистора T_1 вследствие разряда конденсатора C_1 понизится до некоторого уровня, при котором еще не появилась нелинейность, транзистор T_2 откроется, так как положительный запирающий потенциал на его базе уменьшится за счет разряда конденсатора C_2 через резистор R_6. В это время начнется процесс формирования обратного хода развертки, который был описан выше.

Контрольные вопросы

1. Перечислите требования, которые предъявляются к генераторам разверток.
2. Поясните процесс получения пилообразного напряжения с помощью разрядной лампы.
3. Поясните назначение блокинг-генаратора.
4. Докажите необходимость получения пилообразно-импульсного напряжения.
5. Из каких соображений выбирается частота блокинг-генератора для жесткой синхронизации?
6. Почему импульсы двойной строчной частоты не вызывают срабатывания блокинг-генератора?
7. Каково назначение контура ударного возбуждения?
8. Почему блокинг-генератор с положительной сеткой работает стабильнее обычного блокинг-гнератора?
9. Поясните работу блокинг-генератора на транзисторе.
10. Почему мультивибратор предпочтительнее блокинг-генератора?
11. Поясните работу мультивибратора на транзисторах.
12. Поясните работу задающего синусоидального генератора.
13. Поясните работу генератора на тиратроне.
14. Поясните фантастронную схему генератора.

Глава 8.
ВЫХОДНАЯ СТУПЕНЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ

8.1. Особенности выходных каскадов кадровой развертки

Схема кадровой развертки должна обеспечить в кадровых отклоняющих катушках линейный пилообразный ток с частотой 50 Гц. Нагрузкой генератора развертки являются отклоняющие катушки,

в которых расходуется некоторая мощность. Мощность пилообразно-импульсных колебаний, вырабатываемых в задающем генераторе, невелика, поэтому блок кадровой развертки, помимо задающего генератора, должен содержать выходной каскад, работающий в режиме усиления мощности.

Пилообразный ток по форме резко отличается от синусоидального, поэтому он содержит большое число гармоник, и все они должны одинаково усиливаться выходной ступенью для правильного воспроизведения формы импульсов. В противном случае нарушится линейность пилообразного тока, что приведет к искажению изображения на экране кинескопа. Считается удовлетворительным, если выходная ступень воспроизводит 14—20 гармоник пилообразного тока, а это значит, что рабочий спектр выходного каскада кадровой развертки от 50 до 700—1000 Гц.

Отклоняющие катушки обладают некоторой междувитковой емкостью, величина которой зависит от количества витков. Эта емкость вместе с индуктивностью катушек образует колебательный контур, в котором возникают свободные колебания, искажающие изображение. Так как частота кадровой развертки низкая, то эта паразитная емкость существенного значения не имеет и кадровые отклоняющие катушки могут быть как высокоомными (многовитковыми), так и низкоомными (с малым числом витков).

Высокоомные отклоняющие катушки включаются в анодную цепь усилителя мощности непосредственно, низкоомные — через понижающий согласующий трансформатор.

Имеются две схемы выходного каскада кадровой развертки: с дроссельным выходом с использованием высокоомных отклоняющих катушек и трансформаторным выходом с использованием низкоомных отклоняющих катушек.

8.2. Выходная ступень кадровой развертки с дроссельным выходом

Схема выходного каскада кадровой развертки с дроссельным выходом приведена на рис. 8.1*а*. На рис. 8.1*б, в* даны эквивалентные схемы для переменной и постоянной составляющих анодного тока.

Дроссель в этой схеме необходим для пропускания постоянной составляющей анодного тока лампы. Если отклоняющие катушки включить непосредственно в анодную цепь лампы, то вследствие прохождения через них постоянного анодного тока создавалось бы дополнительное магнитное поле, которое сдвигало бы кадр вверх или вниз по экрану кинескопа. Для центровки кадра в этом случае потребовалось бы применение специальных компенсирующих устройств. Кроме того, дроссель обеспечивает прохождение переменной составляющей пилообразного тока не через малое внутреннее сопротивление анодного источника, а через отклоняющие катушки (схема параллельного питания).

Из эквивалентной схемы (рис. 8.1*б*) видно, что анодный ток лампы разветвляется на две составляющие: $i_а = i_к + i_{др}$.

Для получения большого отклоняющего тока и уменьшения бесполезного тока $i_{др}$ необходимо индуктивность дросселя $L_{др}$ взять значительно больше индуктивности отклоняющих катушек

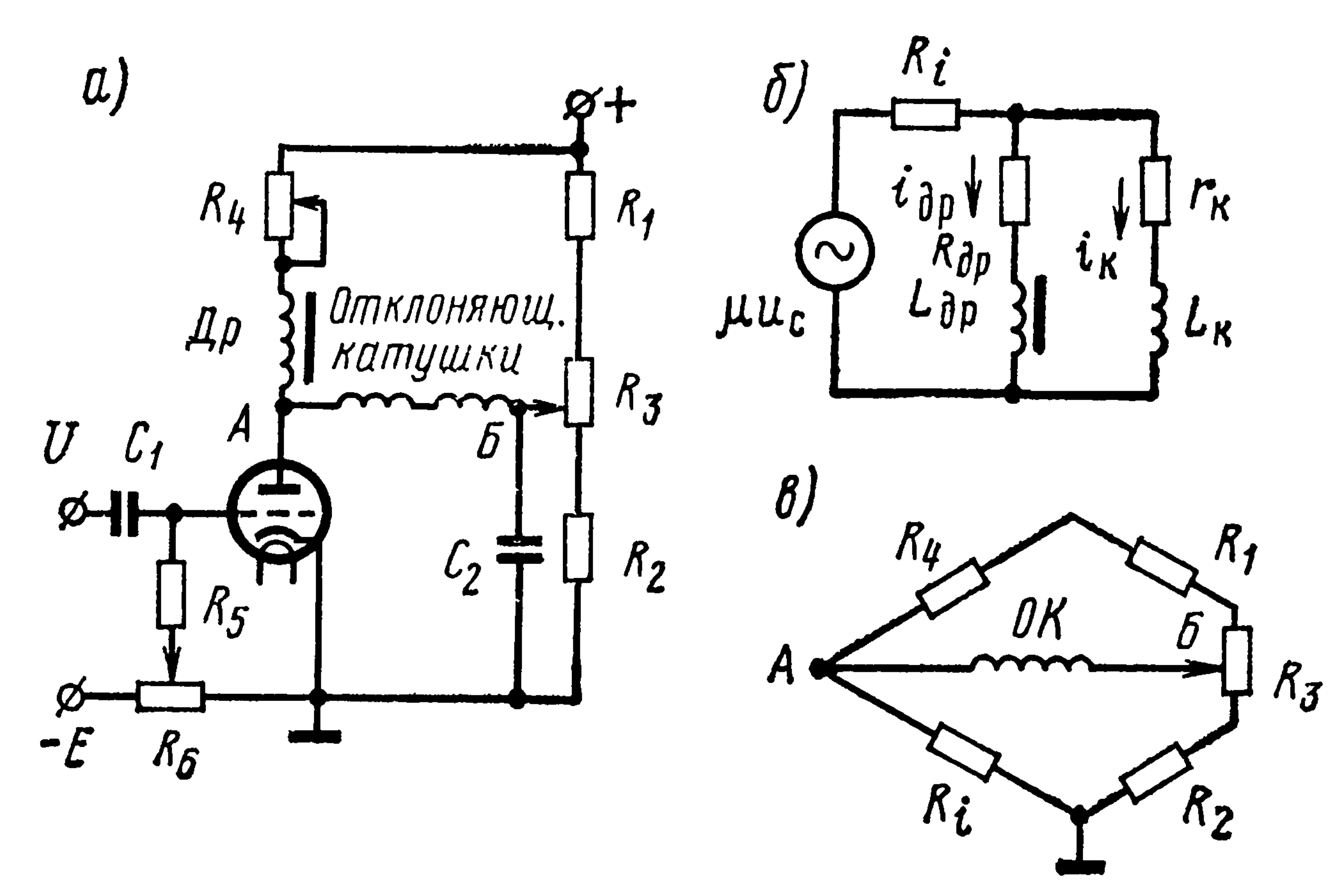


Рис. 8.1. Дроссельный выходной каскад:
а) принципиальная схема; *б)* эквивалентная схема для переменного тока; *в)* эквивалентная схема для постоянного тока

$L_к$. Однако при умеренных размерах дросселя со стальным сердечником на практике обычно $L_{др}$ только в 4—5 раз больше $L_к$. Таким образом, 20—25% импульса анодного тока пропадает бесполезно.

Получение линейного тока в отклоняющих катушках определяется здесь соотношением постоянных времени отклоняющих катушек и дроссельной ветви. Определим это соотношение.

Если считать, что сеточная характеристика анодного тока лампы линейна, то при линейном изменении управляющего напряжения на ее сетке во время прямого хода луча анодный ток лампы $i_а$ также будет изменяться по линейному закону. Ток $i_к$ в отклоняющих катушках должен быть линейным, а отсюда следует, что ток $i_{др} = i_а - i_к$ также должен быть линейным. Следовательно, для получения правильной (линейной) формы отклоняющего тока $i_к$ необходимо, чтобы постоянные времени отклоняющих катушек и дросселя были равны. Для выравнивания этого соотношения предназначено сопротивление резистора R_4.

Следует иметь в виду, что реальная рабочая характеристика выходной лампы имеет нелинейный характер, что может исказить форму анодного тока. Характер ее нелинейности противоположен характеру нелинейности управляющего напряжения (рис. 8.2), которое подается на сетку этой лампы с зарядного конденсатора. Поэтому в некоторых схемах введена регулировка (рис. 8.1*а*, резистор R_6), позволяющая выбирать смещение на сетке так, чтобы нелинейность управляющего напряжения была бы скомпенсирова-

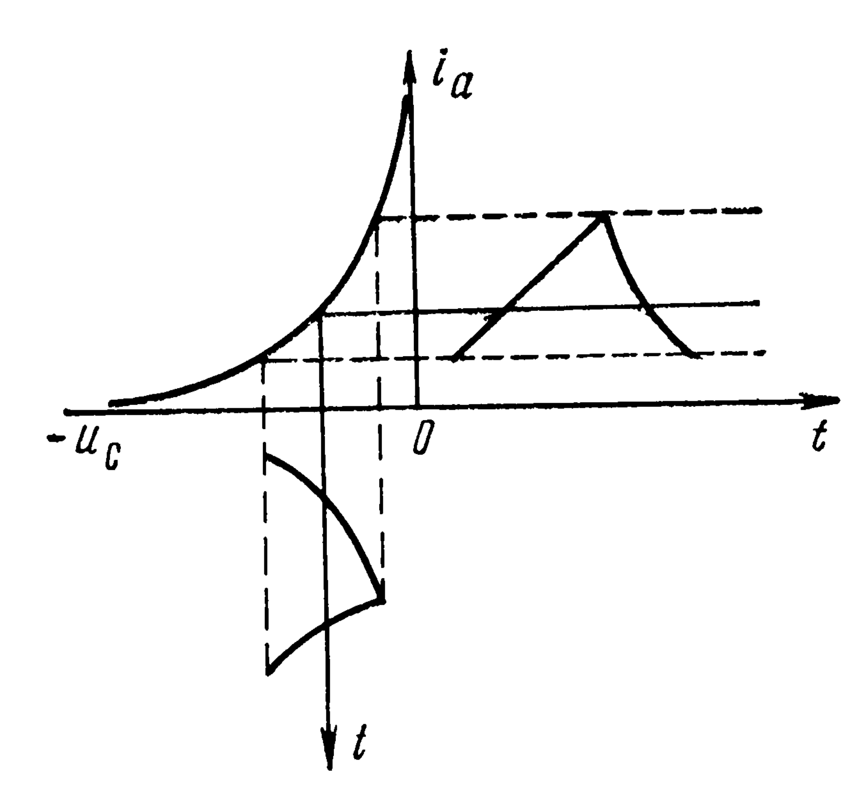


Рис. 8.2. Регулировка линейности пилообразного напряжения изменением положения рабочей точки характеристики

на нелинейностью анодно-сеточной характеристики лампы. Потенциометр R_6 является в этом случае регулятором линейности по кадру.

По отношению к постоянному току отклоняющие катушки включены в диагональ моста между точками *А* и *Б*. В другую диагональ включены резисторы R_1, R_3, R_2. Если мост сбалансирован, то постоянный ток через отклоняющие катушки не проходит, так как потенциалы точек *А* и *Б* равны. При перемещении движка потенциометра R_3 в ту или другую сторону изменяются полярность напряжения между точками *А* и *Б* и, следовательно, направление и сила постоянного тока, протекающего через отклоняющие катушки. Изменяя направление постоянного тока в отклоняющих катушках, можно дополнительно отклонить электронный луч вверх или вниз, т. е. поднять или опустить изображение на экране — центрировать его по кадру.

Рассмотренная схема кадровой развертки хотя и является простой, позволяющей довольно легко получить ток пилообразной формы в отклоняющих катушках, в настоящее время не применяется. Это вызвано тем, что отклоняющие катушки содержат очень большое число витков тонкого медного провода (по 10—16 тыс. на пару катушек). При массовом производстве намотка кадровых отклоняющих катушек проводом диаметром порядка 0,1 мм оказывается технологически сложной, а отклоняющая система получается громоздкой и дорогой.

В современных телевизорах применяется схема выходного каскада с трансформаторным выходом, обладающая существенными преимуществами по сравнению со схемой, в которой используется дроссельный выход.

8. 3. Выходная ступень кадровой развертки с трансформаторным выходом

Схема выходного каскада с трансформаторным выходом и его эквивалентная схема представлены на рис. 8.*3а, б*.

Кадровые катушки здесь имеют всего 200—400 витков на каждую пару. Наматываются они более толстым проводом, а значит, имеют меньшее активное сопротивление. Однако такое резкое уменьшение числа витков в кадровых катушках должно компенсироваться соответствующим увеличением амплитуды отклоняющего тока. При определенной величине анодного тока выходной лам-

пы требуемое увеличение отклоняющего тока получается за счет использования понижающего трансформатора.

Преимущества такой схемы состоят в следующем:

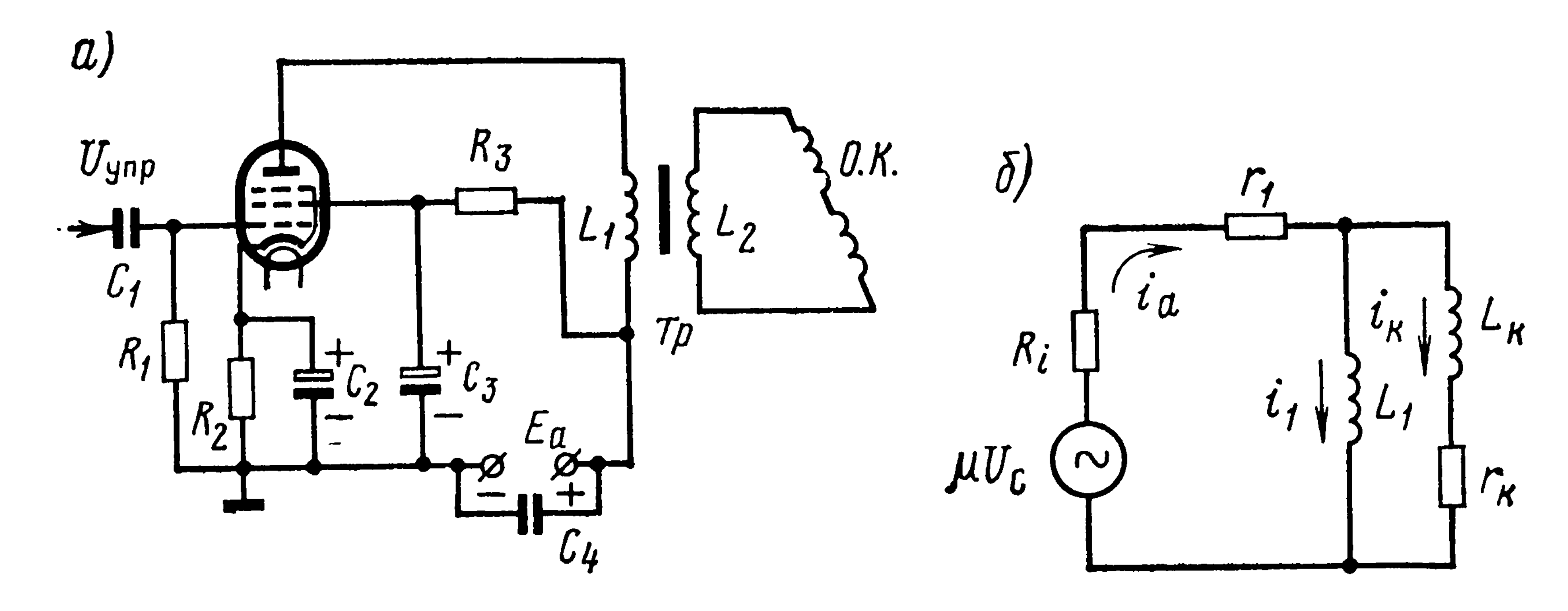


Рис. 8.3. Выходной каскад кадровой развертки с трансформаторным выходом: *а)* принципиальная схема; *б)* эквивалентная схема

1. Резко уменьшается расход медного провода на изготовление отклоняющих катушек.

2. Значительно упрощается конструкция отклоняющих катушек за счет уменьшения числа витков.

3. При малом числе витков облегчается создание более эффективных отклоняющих систем с ферритовым сердечником специальной формы.

4. Путем правильного подбора коэффициента трансформации довольно просто обеспечивается хорошее согласование параметров отклоняющих катушек с анодной цепью выходной лампы.

В качестве выходной лампы здесь обычно используется мощный низкочастотный лучевой тетрод или пентод.

Следует отметить, что применение трансформатора исключает попадание постоянной составляющей анодного тока в отклоняющие катушки и нет необходимости в электрической центровке растра. В современных телевизорах центровка растра в случае необходимости осуществляется при помощи постоянных магнитов, расположенных на горловине кинескопа.

Как видно из эквивалентной схемы, индуктивность первичной обмотки трансформатора L_1 включена параллельно индуктивности отклоняющих катушек $L_к$, отсюда следует, что общая индуктивность выходного каскада становится меньше. Это приводит к более быстрому изменению анодного тока во времени, что вызывает ухудшение линейности пилообразного тока, протекающего по этой цепи. Для того чтобы шунтирующее действие индуктивности L_1 на цепь отклоняющих катушек было минимальным, необходимо сделать ее величину очень большой (порядка 3000 Г), что совершенно неосуществимо в массовых телевизионных приемниках.

При использовании же трансформаторов с небольшими размерами, где индуктивность имеет величину 20—50 Г, и получении при этом линейного отклоняющего тока требуется применение спе-

циальных мер. Эти меры заключаются в том, что форма анодного тока должна быть изменена так, чтобы скомпенсировать нелинейность отклоняющего тока, вызванную недостаточно большой величиной индуктивности первичной обмотки трансформатора.

Определим требуемую форму анодного тока $i_а$ при заданной форме отклоняющего тока $i_к$. Для этого рассмотрим рис. 8.4. Рисунку 8.4*а* соответствует требуемая форма отклоняющего тока, рисунок 8.4*б* изображает форму напряжения на управляющей сетке выходной лампы $U'_{упр}$, рис. 8.4*в* — на аноде. На рис. 8.4*г* показана форма анодного тока $i_а$, который получается при подключении индуктивности L_1 без принятия специальных мер. Из этого рисунка видно, что ток изменяется не по линейному закону, а по экспоненциальному и в этом случае верх кадра будет растянут, низ сжат. Чтобы скомпенсировать такую нелинейность, необходимо замедлить нарастание анодного тока в начале и ускорить в конце прямого хода луча. Форма такого тока параболическая, она показана на рис. 8.4*д*.

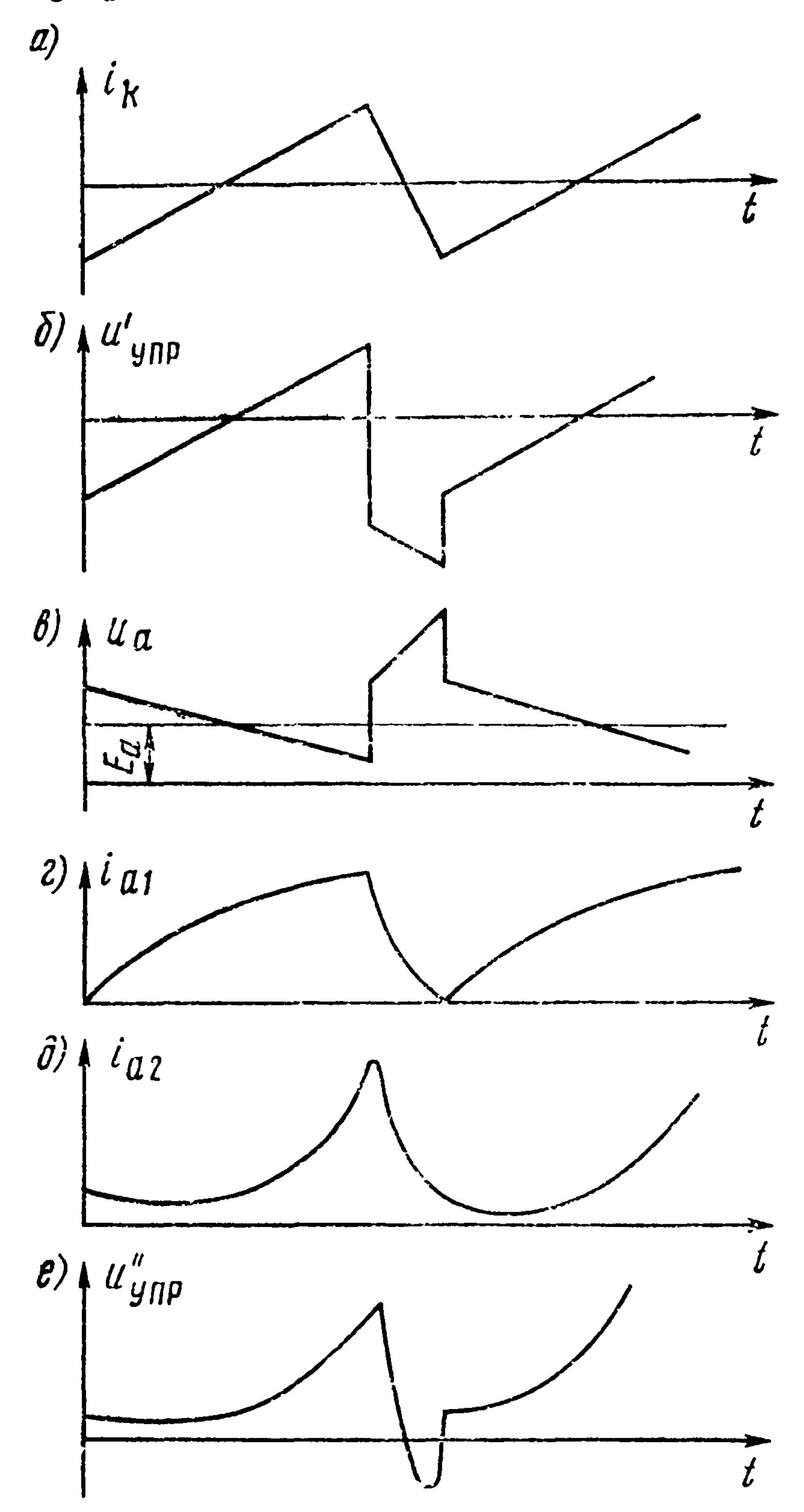


Рис. 8.4. Графики, поясняющие работу выходного каскада кадровой развертки с трансформаторным выходом

Чтобы получить такой формы анодный ток, на управляющую сетку выходной лампы необходимо подать напряжение $U''_{упр}$, изменяющееся во время прямого хода тоже по параболическому закону (рис. 8.4*е*) при условии линейной сеточной характеристики лампы. Форма такого напряжения называется импульсно-параболической. Необходимо отметить, что форма импульсно-параболического напряжения зависит от величины индуктивности L_1. При ее увеличении вогнутость в форме кривой напряжения уменьшится, при уменьшении — увеличится.

8.4. Формирование управляющего напряжения импульсно-параболической формы

Управляющее напряжение импульсно-параболической формы можно получить соответствующим искажением напряжения пилообразно-импульсной формы. Такое искажение осуществляется с

помощью отрицательной обратной связи между анодной и сеточной цепями выходной лампы через дифференцирующую цепь RC, рис. 8. 5*а*.

Обратная связь, кроме искажения, еще и стабилизирует работу генератора, нестабильность которого проявляется в изменении размера и линейности развертки во время работы телевизора.

Это определяется многими факторами, наиболее существенными из которых являются изменения величин питающих напряжений, прогрев деталей схемы, старение ламп.

Действие дифференцирующей цепи будет подробно разобрано в гл. 11. Здесь будет сказано лишь о том, что дифференцирующая цепь состоит из резистора R и конденсатора C и при подаче на нее импульса она видоизменяет его форму. Импульс подается на вход цепи, а снимается с резистора R. Форма импульса на выходе дифференцирующей цепи зависит от постоянной времени цепи $\tau=RC$.

Процесс получения напряжения импульсно-параболической формы иллюстрируется графиками рис. 8. 5*б*. Напряжение пилообразно-импульсной формы (рис. 8. 5*б*, кривая *1*), образованное в анодной цепи лампы выходного каскада, через дифференцирующую цепь RC с постоянной времени $\tau=t_к$, где $t_к$ — период кадровой развертки, подается обратно в цепь управляющей сетки лампы. При таком соотношении τ и $t_к$ дифференцирующая цепь создает провал в пилообразной части импульса и напряжение принимает вид, показанный на рис. 8. 5*б*, кривая *2*.

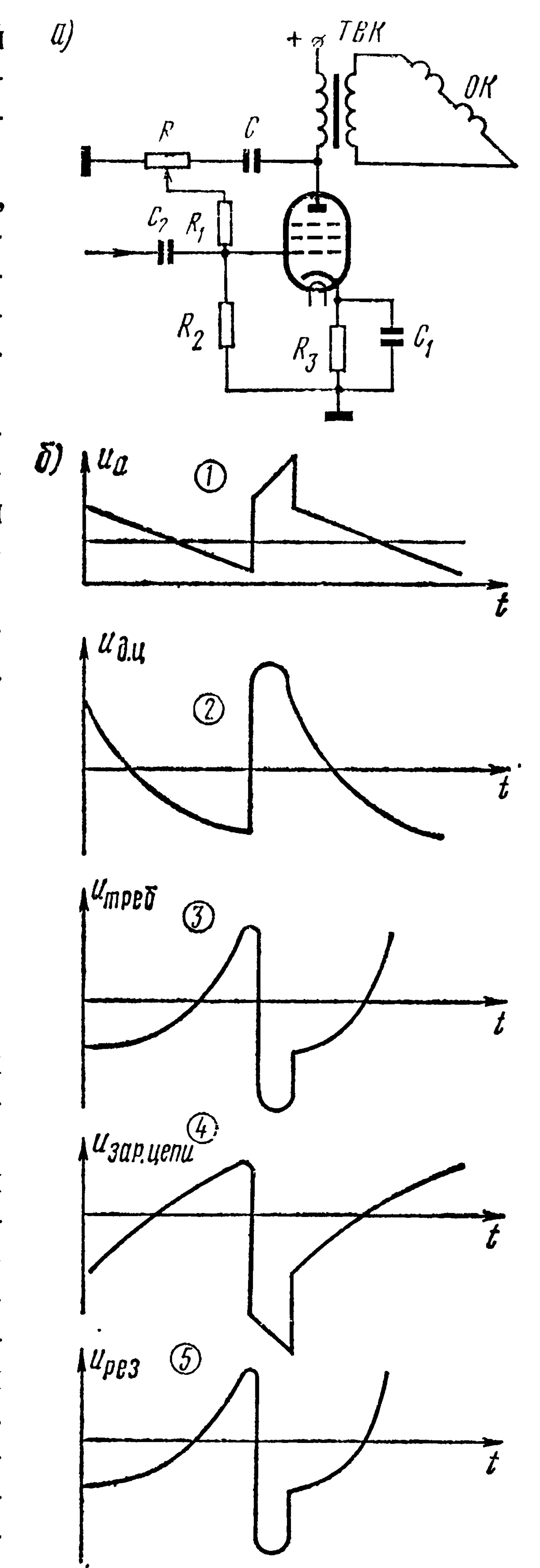


Рис. 8.5. Получение напряжения импульсно-параболической формы

Однако форма требуемого управляющего напряжения должна иметь обратный вид: правый край кривой напряжения должен быть поднят, а левый — опущен (рис. 8. 5*б*, кривая *3*).

Так как напряжение с дифференцирующей цепи (рис. 8. 5*б*, кривая *2*) подается в цепь управляющей сетки лампы одновременно с пилообразным напряжением (рис. 8. 5*б*, кривая *4*), которое

поступает с задающего генератора, то при сложении этих двух напряжений (рис. 8.5*б*, кривые *2* и *3*) получается напряжение требуемой формы (рис. 8.5*б*, кривая *5*).

Действительно, кривая *5* рис. 8.5*б* аналогична кривой *3* этого рисунка.

Как уже было сказано выше, величина сопротивления резистора R дифференцирующей цепи влияет на форму выходного напряжения, так как меняется постоянная времени τ этой цепи. Поэтому для подбора наиболее правильной формы управляющего напряжения резистор R — переменный и является регулятором *Линейность по вертикали.*

Обычно напряжение обратной связи подается в цепь управляющей сетки лампы через резистор R_1 большой величины (рис. 8. 5*а*). В зависимости от его величины меняется напряжение обратной связи, а следовательно, линейность и размер растра по вертикали.

8.5. Элементы коррекции в цепи управляющей сетки выходного каскада кадровой развертки

Как было указано в § 8.1, для правильного воспроизведения пилообразного тока, который состоит из большого числа гармоник синусоидальной формы (рис. 8.6), необходимо обеспечить в вы-

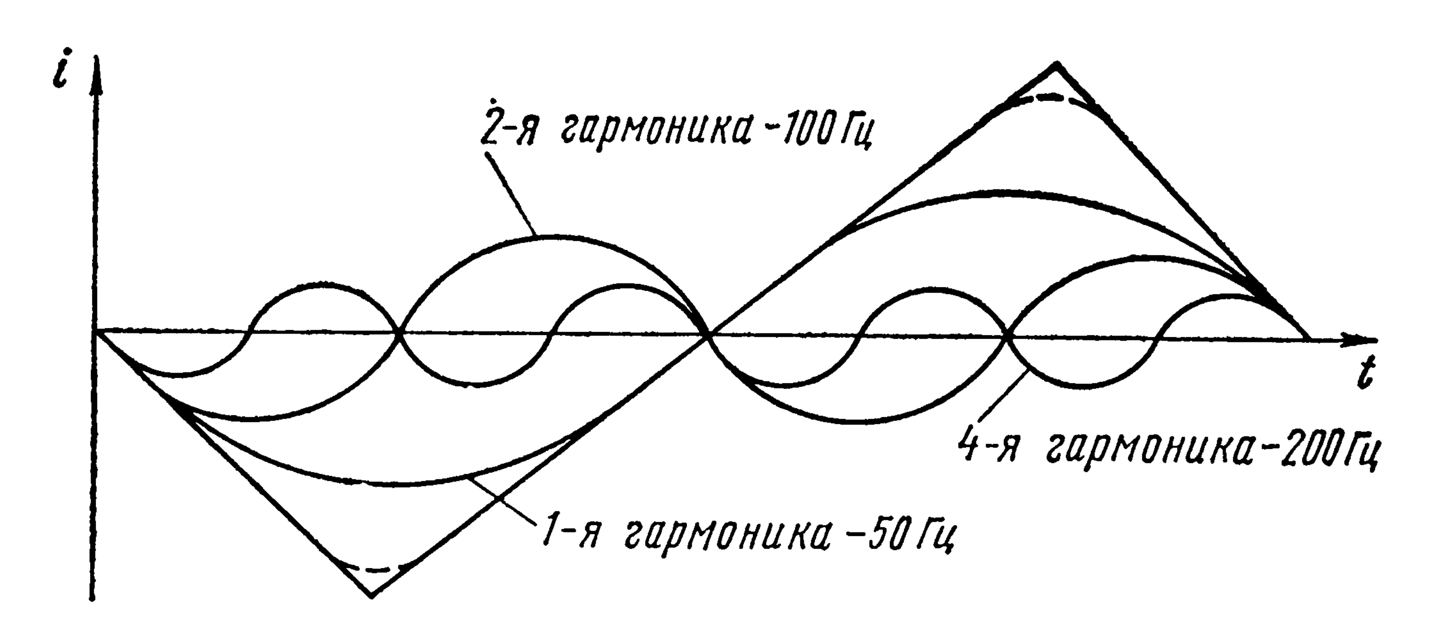


Рис. 8.6. Пилообразный ток кадровой частоты и ряд его гармонических составляющих

ходном каскаде пропускание порядка 20 гармонических составляющих управляющего напряжения, которое тоже имеет пилообразную форму. Это значит, что выходной каскад кадровой развертки должен обеспечить пропускание не одной частоты, а спектра частот от 50 до 1000 Гц, так как ослабление высокочастотных гармоник (600—1000 Гц) сказывается в виде сглаживания резких переходов кривой тока в ее верхней и нижней части (рис. 8.6, пунктир). Вследствие этого появится нелинейность изображения сверху и снизу (сжатие кадра). Потеря высокочастотных составляющих пилообразного напряжения происходит при регулировке размера

изображения из-за наличия в схеме выходного каскада кадровой развертки (рис. 8.7) паразитной емкости C_0.

В этой схеме с зарядного конденсатора C_1 задающего генератора напряжение пилообразной формы через разделительный конденсатор C_2 подается на реостатный делитель напряжения R_1, R_2. Резистор R_1 регулирует вертикальный размер, а резистор R_2 сужает пределы регулировки вертикального размера для того, чтобы на экране кинескопа не могла появиться одна яркая строка при минимальном размере, так как при этом возможно прогорание экрана кинескопа. Параллельно части делителя действует паразитная емкость C_0, эквивалентная входной емкости выходной лампы

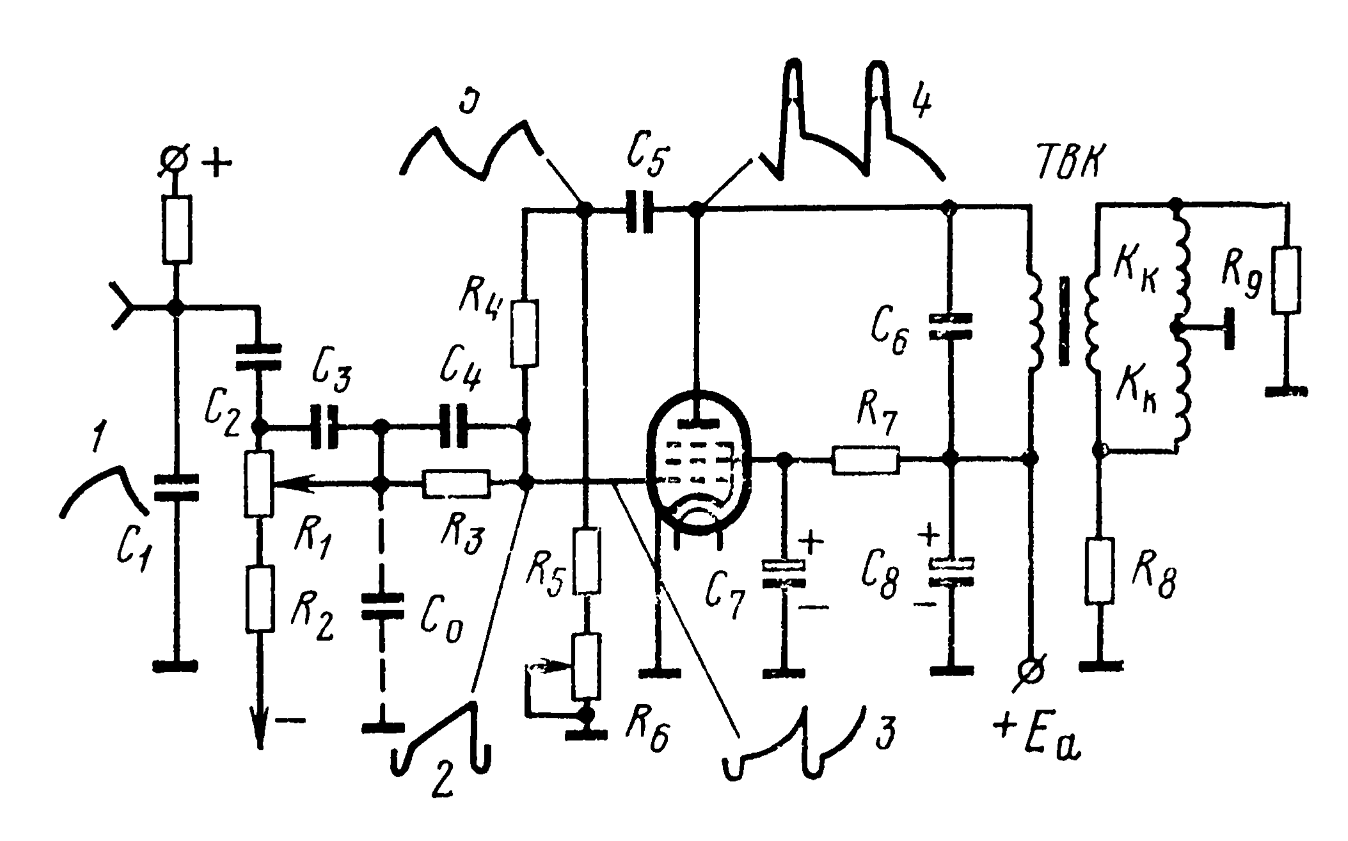


Рис. 8.7. Схема выходного каскада кадровой развертки для кинескопа с углом отклонения луча 70°

и емкости монтажа. Емкость C_0 вместе с верхней (выведенной) частью резистора R_1 образует реостатно-емкостный делитель. Так как сопротивление этой емкости для высокочастотных составляющих значительно меньше, чем сопротивление выведенной части резистора R_1, то большая часть напряжения высших гармоник (600—1000 Гц) создает падение напряжения именно на сопротивлении выведенной части резистора R_1 и на вход лампы не поступает. Очевидно, что чем меньше размер кадра, тем больше искажаются форма управляющего напряжения и само изображение. При максимальном размере кадра резистор R_1 выводится полностью, т. е. не составляет делителя с емкостью C_0, а поэтому на вход лампы поступают все гармоники и растр не искажается.

Для устранения искажения при уменьшении размера кадра вводится корректирующий конденсатор C_3, емкость которого в 5—10 раз больше емкости C_0. При этом выведенная часть резистора R_1 шунтируется конденсатором C_3, сопротивление которого для высших гармоник значительно меньше, чем сопротивление C_0, поэтому на сетке выходной лампы напряжение высокочастотных составляющих увеличивается и искажений пилообразного тока не будет. Но одной такой коррекцией в практических схемах не огра-

ничиваются и, помимо конденсатора C_3, в цепь управляющей сетки вводят корректирующую цепочку C_4R_3. Высокочастотные составляющие (600—1000 Гц) легко проходят через конденсатор C_4. Для низкочастотных составляющих пилообразного напряжения (50—500 Гц) этот конденсатор представляет значительное сопротивление, и поэтому они проходят через резистор R_3, ослабляясь в такой же степени, как и высокочастотные составляющие за счет наличия емкости C_0.

Такая цепочка несколько уменьшит амплитуду пилообразно-импульсного напряжения, но сохранит его форму в результате одинакового усиления всего спектра рабочих частот (50—1000 Гц).

Корректирующие элементы в сеточной цепи выходного каскада выполняют еще ряд дополнительных функций. Так, например, конденсатор C_4 вместе с резисторами R_4, R_5, R_6 образует дифференцирующую цепь с малой постоянной времени. Это позволяет преобразовать пилообразное напряжение, снятое с конденсатора C_1, в пилообразно-импульсное.

В анодной цепи лампы это напряжение поворачивается по фазе на 180° и приобретает большие положительные выбросы, которые возникают во время обратного хода развертки, так как скорость изменения тока в это время большая, а напряжение $U_L = L \frac{di}{dt}$.

Эти большие импульсы затрудняют запирание лампы выходного каскада во время обратного хода, поэтому предусмотрена возможность их сглаживания. Достигается это тем, что резистор R_4, через который подается напряжение обратной связи, вместе с конденсаторами C_4, C_3, C_2, C_1 образует интегрирующий фильтр с большой постоянной времени (интегрирующий фильтр отличается от дифференцирующего тем, что выходное напряжение снимается не с резистора, а с конденсатора).

Конденсаторы этого фильтра не успевают заряжаться до значительной величины кратковременным импульсом и его форма сглаживается (рис. 8.7, пунктир на кривой *4*).

Линейность изображения можно менять регулятором R_6, но линейность зависит также и от правильного выбора рабочей точки на характеристике лампы, поэтому на управляющую сетку обычно из цепи общего минуса подается отрицательное напряжение через цепочку R_2R_1.

При обратном ходе луча на аноде выходной лампы образуется значительный выброс положительного напряжения, который может вызвать пробой анодной обмотки ТВК. Для предотвращения пробоя первичная обмотка шунтируется конденсатором C_6, который уменьшает положительные импульсы. Резисторы R_8, R_9, которые шунтируют каждую из кадровых отклоняющих катушек, увеличивают затухание в обмотках ТВК во время обратного хода, когда там возникают свободные колебания.

Рассмотренная схема используется в телевизорах, где установлен кинескоп с углом отклонения луча 70°.

8.6. Кадровая развертка для кинескопов с углом отклонения луча 110°

Схема выходного каскада кадровой развертки для кинескопов с углом отклонения луча 70° может быть использована с некоторыми изменениями и для кинескопов с углом отклонения луча 110°.

Эти изменения вызваны необходимостью повышения эффективности отклонения луча и стабилизации размера изображения.

Эффективность отклонения луча на бо́льший угол достигается за счет изменения формы и параметров кадровых катушек в отклоняющей системе ОС-110. Рабочая поверхность их повторяет параболическую форму перехода от цилиндрической части к конической в кинескопе. Это позволяет придвинуть отклоняющую систему ближе к экрану кинескопа, расположить ее не только на горловине, но и на конусе колбы, при этом увеличивается длина катушек, а следовательно, эффективность отклонения. В таких отклоняющих системах используется ферритовое кольцо с высокой магнитной проницаемостью, форма кольца также повторяет форму перехода от горловины к конусу кинескопа.

Мощность, потребляемая выходным каскадом кадровой развертки при 110-градусном отклонении луча, несколько выше, чем при 70-градусном, поэтому здесь применяются более мощные лампы. Это триод-пентоды, которые специально разработаны для блока кадровой развертки. Триодная часть используется обычно в задающем каскаде, а пентодная — в выходном.

В схему развертки 110-градусного отклонения луча вводятся дополнительные элементы, которые обеспечивают стабильность размера изображения. Изменение размера изображения по вертикали вызывается двумя причинами: изменением сопротивления кадровых отклоняющих катушек и трансформатора при прогреве и колебаниями питающих напряжений.

Уменьшение размера по вертикали происходит при прогреве телевизоров потому, что частота кадровой развертки низкая и активное сопротивление вторичной цепи выходного трансформатора (вторичная обмотка ТВК и отклоняющие катушки) соизмеримо с индуктивным сопротивлением, поэтому активное сопротивление оказывает существенное влияние на амплитуду отклоняющего тока. При прогреве это сопротивление увеличивается, за счет увеличения длины проводов и амплитуда тока падает, в результате чего вертикальный размер изображения уменьшается.

Для устранения колебаний питающих напряжений задающий генератор кадровой развертки либо питают от стабилизированного источника напряжения, либо стабилизируют подводимое к нему напряжение при помощи нелинейных сопротивлений — варисторов.

Что же касается изменения величины тока при прогреве отклоняющих катушек, то оно компенсируется при помощи цепей отрицательной обратной связи или включением низкоомного терморезистора последовательно с кадровыми отклоняющими катушками.

8.7. Практические схемы кадровой развертки для кинескопов с углом отклонения луча 110°

На рис. 8.8 показана трехкаскадная схема кадровой развертки, в которой стабилизация размера изображения при прогреве телевизора, а также старении радиоламп осуществляется за счет отрицательной обратной связи. В этой схеме задающий генератор

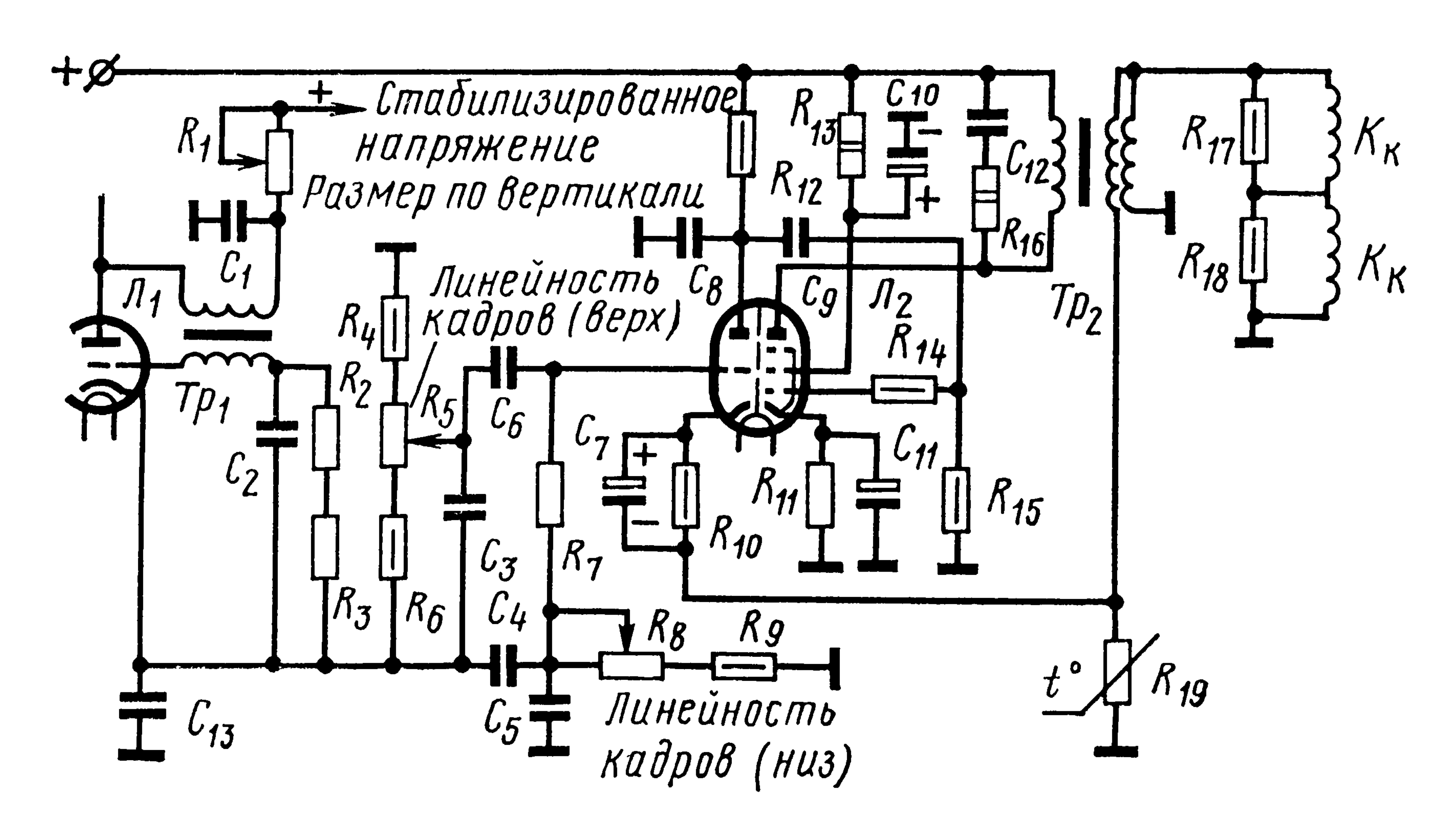


Рис. 8.8. Трехкаскадная схема кадровой развертки со стабилизацией размера изображения

собран на триоде лампы $Л_1$ с зарядным конденсатором C_{13} в цепи катода; пилообразное напряжение с этого конденсатора через цепи линейности подается на предварительный усилитель (триодная часть лампы $Л_2$), выходной каскад собран на пентодной части лампы $Л_2$.

Для получения напряжения обратной связи выходной трансформатор имеет дополнительную вторичную обмотку, с которой напряжение обратной связи через терморезистор R_{19} вводится в катодную цепь триодной части лампы $Л_2$.

При старении радиоламп или увеличении сопротивления обмоток ТВК и ОС ток в отклоняющих катушках уменьшается и растр по вертикали сужается, но одновременно с уменьшением тока уменьшается напряжение обратной связи, вследствие чего пилообразное напряжение на аноде триода и управляющей сетке пентода $Л_2$ возрастает, отклоняющий ток увеличивается и размер изображения восстанавливается. Для стабилизации размера изображения по вертикали при изменении питающего напряжения анод задающего генератора питается от стабилизированного напряжения.

В схемах современных телевизоров для стабилизации размера по вертикали используются варисторы и термисторы (рис. 8.9).

Напряжение, питающее анодную цепь лампы блокинг-генератора, стабилизировано варистором R_1, а напряжение, питающее выходную лампу,— варистором R_{17}.

Для сохранения постоянства размера изображения по вертикали при прогреве выходного трансформатора и отклоняющей системы последовательно с кадровыми отклоняющими катушками

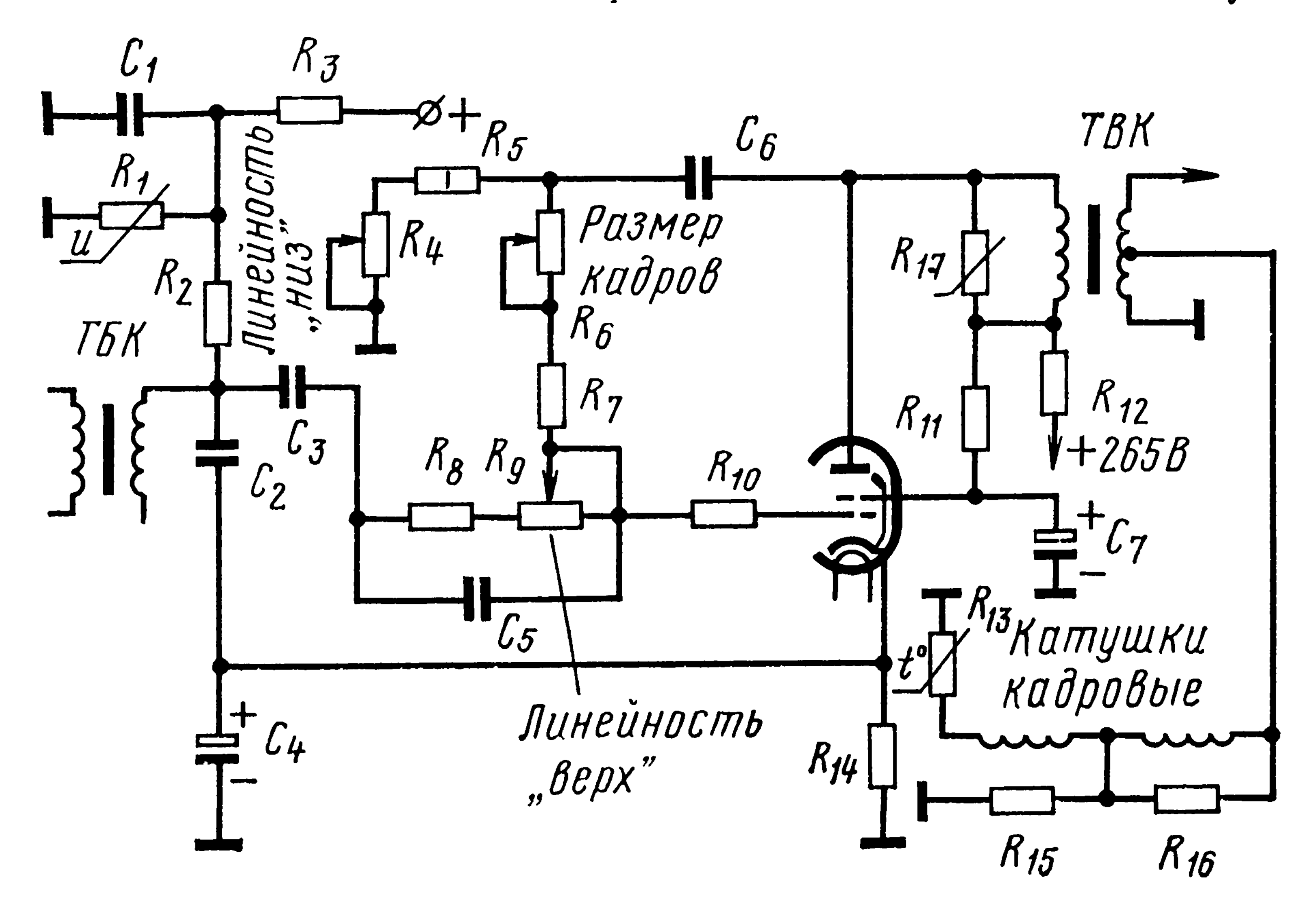


Рис. 8.9. Стабилизация размера кадровой развертки с использованием варисторов и термисторов

включен терморезистор R_{13}, который обладает отрицательным температурным коэффициентом. Терморезистор вмонтирован непосредственно в ОС. При прогреве обмоток сопротивление термистора падает настолько, насколько возрастает сопротивление кадровых отклоняющих катушек и размер изображения по вертикали не нарушается.

8.8. Схема кадровой развертки на транзисторах

Схема кадровой развертки на транзисторах аналогична известным ламповым схемам, однако использование транзисторов существенно изменяет номиналы элементов схемы вследствие того, что их питание, в отличие от ламп, осуществляется от источника низкого напряжения. Размах напряжения на коллекторе современных транзисторов, применяемых в выходном каскаде, во время обратного хода луча не превышает 100 В, в то время как на аноде выходного каскада ламповой схемы оно составляет 1000 В.

Специфической особенностью схемы на транзисторах является применение большого количества электролитических конденсаторов большой емкости: это развязывающие, зарядные и переходные конденсаторы. Особенно важную роль играют переходные конден-

саторы, поскольку для неискаженной передачи пилообразного сигнала кадровой частоты постоянные времени переходных цепей должны быть большими.

Постоянная времени переходной цепи определяется величинами емкости переходного конденсатора и входного сопротивления транзистора. Так как входные сопротивления транзисторов малы, то переходные конденсаторы имеют емкость 200—500 мкФ.

В ламповой схеме для согласования отклоняющих катушек с выходным сопротивлением лампы используется понижающий трансформатор. В транзисторных схемах транзистор выходного каскада имеет малое сопротивление, поэтому кадровые отклоняющие катушки могут включаться в его коллекторную цепь непосредственно. Однако на низкой частоте кадровой развертки (50 Гц) катушки, кроме индуктивного сопротивления, представляют собой значительное активное сопротивление. Потеря мощности на этом сопротивлении получается недопустимой для транзисторных схем. Поэтому на практике схема с непосредственным включением отклоняющих катушек в коллекторную цепь широко не применяется.

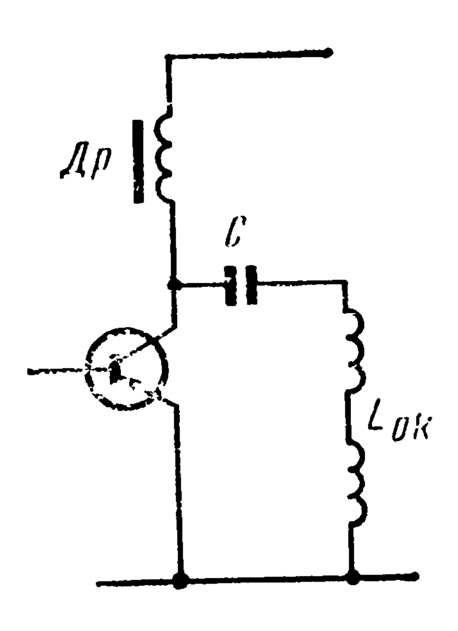


Рис. 8.10. Емкостная схема связи выходного каскада кадровой развертки с отклоняющими катушками

Связь между выходным каскадом кадровой развертки и кадровыми отклоняющими катушками может осуществляться через дроссель и конденсатор (рис. 8.10). В этой схеме падение напряжения на низкоомном дросселе невелико по сравнению с падением напряжения в схеме с непосредственным включением кадровых отклоняющих катушек.

Имеются схемы телевизоров, где отклоняющие катушки включены к выходному каскаду через трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 1.

На рис. 8.11 показана схема кадровой развертки, выполненная на четырех транзисторах. Она состоит из задающего генератора по схеме блокинг-генератора, усилителя, эмиттерного повторителя, и выходного каскада с трансформаторным выходом.

Блокинг-генератор собран на транзисторе с проводимостью *p-n-p* (T_1) с положительной обратной связью между коллекторной и базовой цепями.

Базовая обмотка блокинг-генератора зашунтирована диодом $Д_1$ для ограничения размаха импульсов напряжения обратного хода на базе транзистора. В трансформаторе блокинг-генератора предусмотрена дополнительная третья обмотка, на которую подаются синхроимпульсы в положительной полярности. Ручная регулировка частоты колебаний производится изменением величины постоянной времени ($R_{23}R_2C_1$) в цепи базы с помощью переменного резистора R_{23}. Зарядный конденсатор C_2 и резисторы R_3, R_4 включены в эмиттерную цепь транзистора T_1. Последовательно с конденсатором C_2 включен резистор R_5, поэтому в схеме обеспечива-

ется получение пилообразно-импульсного напряжения, которое затем подается на усилительный каскад, собранный на транзисторе T_2. Основное формирование параболической составляющей управляющего напряжения осуществляется между задающим генератором и первым усилительным каскадом. В формирующую

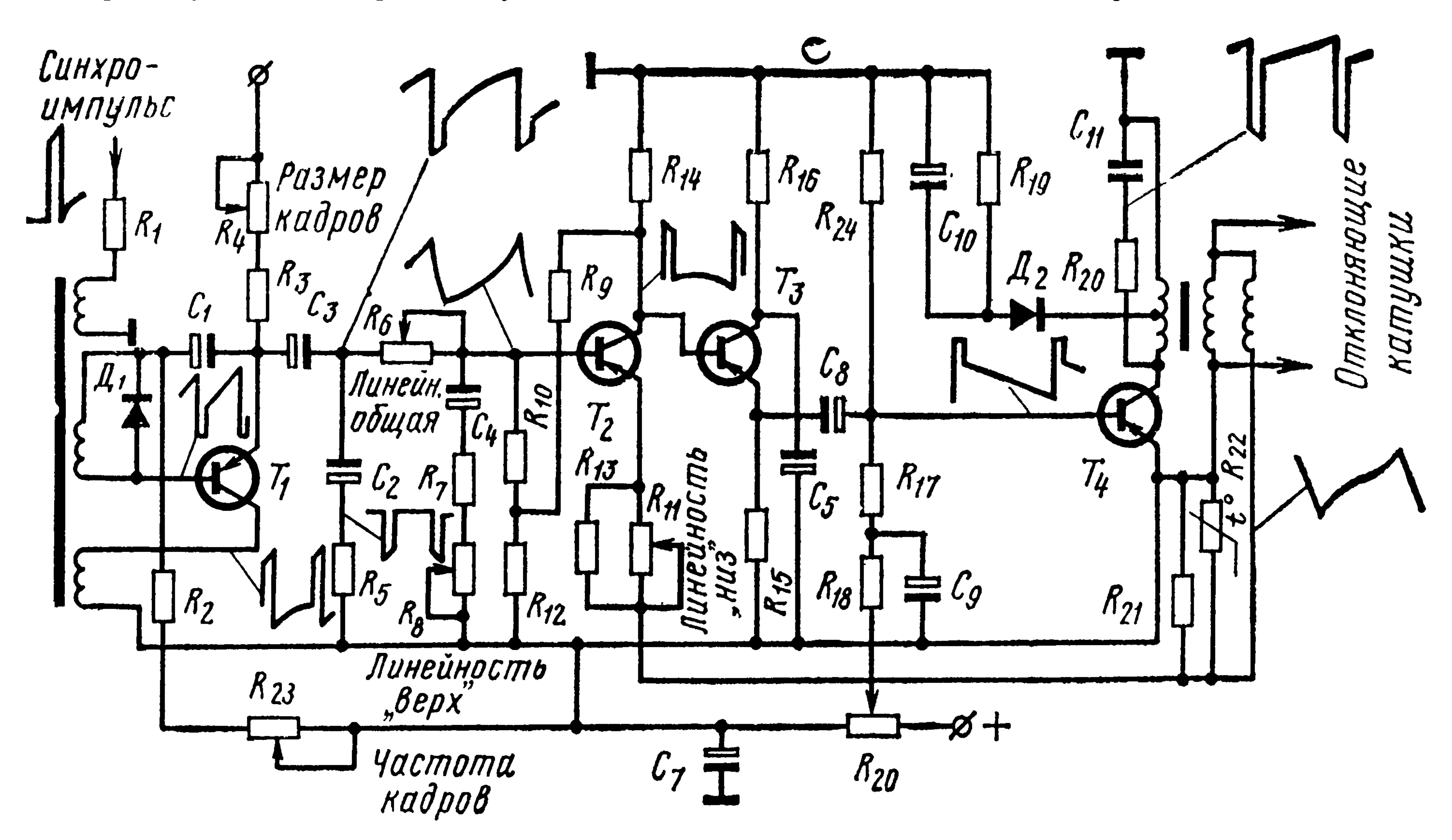


Рис. 8.11. Принципиальная схема кадровой развертки на транзисторах

цепь входят резистор R_6, конденсатор C_4, резисторы R_7, R_8. Переменные резисторы R_6 и R_8 регулируют линейность изображения.

В цепь эмиттера транзистора T_2 вводится сигнал отрицательной обратной связи с дополнительной обмотки выходного трансформатора через резистор R_{11}, который также регулирует линейность, преимущественно у нижнего края экрана. Параллельно резистору R_{11} включен резистор R_{13} для обеспечения плавности регулировки. На нагрузке R_9 коллекторной цепи транзистора T_2 выделяется результирующее напряжение, полученное путем суммирования скорректированного пилообразного напряжения, поданного на базу транзистора T_2, и сигнала отрицательной обратной связи, введенного в цепь эмиттера. Коллектор транзистора T_2 непосредственно связан с базой транзистора следующего каскада, который выполнен по схеме эмиттерного повторителя на транзисторе T_3. С эмиттера этого транзистора сигнал через переходный конденсатор C_8 подается на базу выходного транзистора T_4.

Импульс, возникающий на коллекторе транзистора во время обратного хода кадровой развертки, ограничивается цепью $Д_2R_{19}C_{10}$. Эта цепь подключена к первичной обмотке выходного трансформатора.

Для предотвращения возникновения свободных колебаний первичная обмотка выходного трансформатора зашунтирована цепью $R_{20}C_{11}$.

Использованная в этой схеме отрицательная обратная связь аналогична обратной связи, применяемой в схемах, разобранных в § 8.7.

Любые изменения величины пилообразного тока в выходной цепи ТВК, связанные с действием дестабилизирующих факторов, приводят к соответствующим изменениям величины напряжения обратной связи, которое вводится в эмиттерную цепь усилительного транзистора T_2.

В цепи отрицательной обратной связи включен терморезистор R_{22}, обеспечивающий стабилизацию размера изображения по вертикали при нагреве выходного транзистора и трансформатора.

Контрольные вопросы

1. В чем достоинства и недостатки выходного каскада кадровой развертки с дроссельным выходом?
2. Как центрируется изображение по кадру в выходном каскаде с дроссельным выходом?
3. В чем заключается достоинство выходных каскадов кадровой развертки с трансформаторным выходом?
4. Почему для работы с ТВК требуется импульсно-параболическая форма напряжения?
5. Поясните получение напряжения импульсно-параболической формы.
6. Чем объясняется необходимость введения элементов коррекции в цепь управляющей сетки выходной лампы?
7. В чем особенности кадровой развертки для кинескопов с углом отклонения луча 110°?
8. Какие элементы используются для стабилизации размера изображения по вертикали в современных телевизорах? Поясните действие этих элементов.
9. В чем особенности кадровой развертки на транзисторах?

Глава 9.

ВЫХОДНАЯ СТУПЕНЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ

9.1. Особенности выходного каскада блока строчной развертки

В связи с различной частотой отклоняющего тока выходной каскад строчной развертки значительно отличается от выходного каскада кадровой развертки.

Частота строчной развертки 15625 Гц, т. е. в 312,5 раз больше частоты кадровой развертки, равной 50 Гц. Удовлетворительная форма пилообразного тока строчной частоты получается при воспроизведении 10 гармоник, поэтому верхняя граница полосы частот строчного генератора составляет 15625×10=156,25 кГц, а кадрового — 1 кГц.

При такой широкой полосе частот большое влияние на работу каскада оказывают различные паразитные емкости, особенно междувитковые емкости отклоняющих катушек и выходного строчного

трансформатора. Эти емкости вместе с индуктивностями схемы образуют колебательный контур, в котором возникают свободные колебания, искажающие изображение. И, кроме того, от величины паразитной емкости зависит длительность обратного хода луча.

Длительность обратного хода строчной развертки составляет 7—10 мкс, поэтому скорость изменения тока во время обратного хода очень большая, а это вызывает на индуктивностях схемы выходного каскада импульсы напряжения достаточно большой величины — несколько тысяч вольт. В результате многие элементы схемы оказываются под высоковольтным импульсным напряжением и должны выдерживать его без пробоя. Это, прежде всего, относится к выходной лампе, так как во время обратного хода на ее аноде напряжение достигает 6—8 кВ.

Кроме того, выходной каскад строчной развертки потребляет значительно бóльшую мощность, чем выходной каскад кадровой развертки. Это объясняется тем, что максимальная напряженность поля, необходимая для отклонения луча по строке, примерно такая же, как и для отклонения луча по кадру, но поскольку электронный луч отклоняется по горизонтали 15 625 раз в секунду, а по вертикали только 50 раз, то мощность, потребляемая выходным каскадом строчной развертки, более чем в 300 раз (15 625 : 50) должна превышать мощность, потребляемую выходным каскадом кадровой развертки.

Все эти обстоятельства приводят к тому, что схема выходного каскада строчной развертки значительно сложнее аналогичной схемы кадровой развертки, а именно: для уменьшения влияния паразитной емкости и срыва колебательного процесса используется специальный каскад — демпфер [1]. Для уменьшения величины паразитной емкости используются низкоомные отклоняющие катушки с малым числом витков, которые подключаются к выходной лампе через понижающий трансформатор или автотрансформатор. В качестве выходной лампы используются специальные мощные лучевые тетроды.

Для уменьшения потребляемой мощности выходной каскад строится по экономичной схеме с обратной связью по питанию, поэтому, несмотря на значительное увеличение размеров экрана кинескопа, потребляемая выходным каскадом мощность возрастает незначительно.

9.2. Выходной каскад с демпфирующей цепью

Простейшая схема выходного каскада строчной развертки, выполненного на одной лампе, показана на рис. 9.1*а*. На рис. 9.1*б* показана ее эквивалентная схема.

Низкоомные отклоняющие катушки подключены в анодную цепь лампы через выходной трансформатор. На эквивалентной схеме лампа заменена ключом, а нагрузка представлена в виде

---

[1] Демпфер (немецк.) — глушитель, успокоитель.

эквивалентной индуктивности $L_э$ (пересчитанная индуктивность строчного трансформатора и отклоняющих катушек) и эквивалентной емкости $C_э$ (междуэлектродная емкость лампы, межвитковые емкости трансформатора и отклоняющих катушек, емкость монтажа).

Работа схемы происходит следующим образом: под воздействием управляющего напряжения пилообразно-импульсной формы,

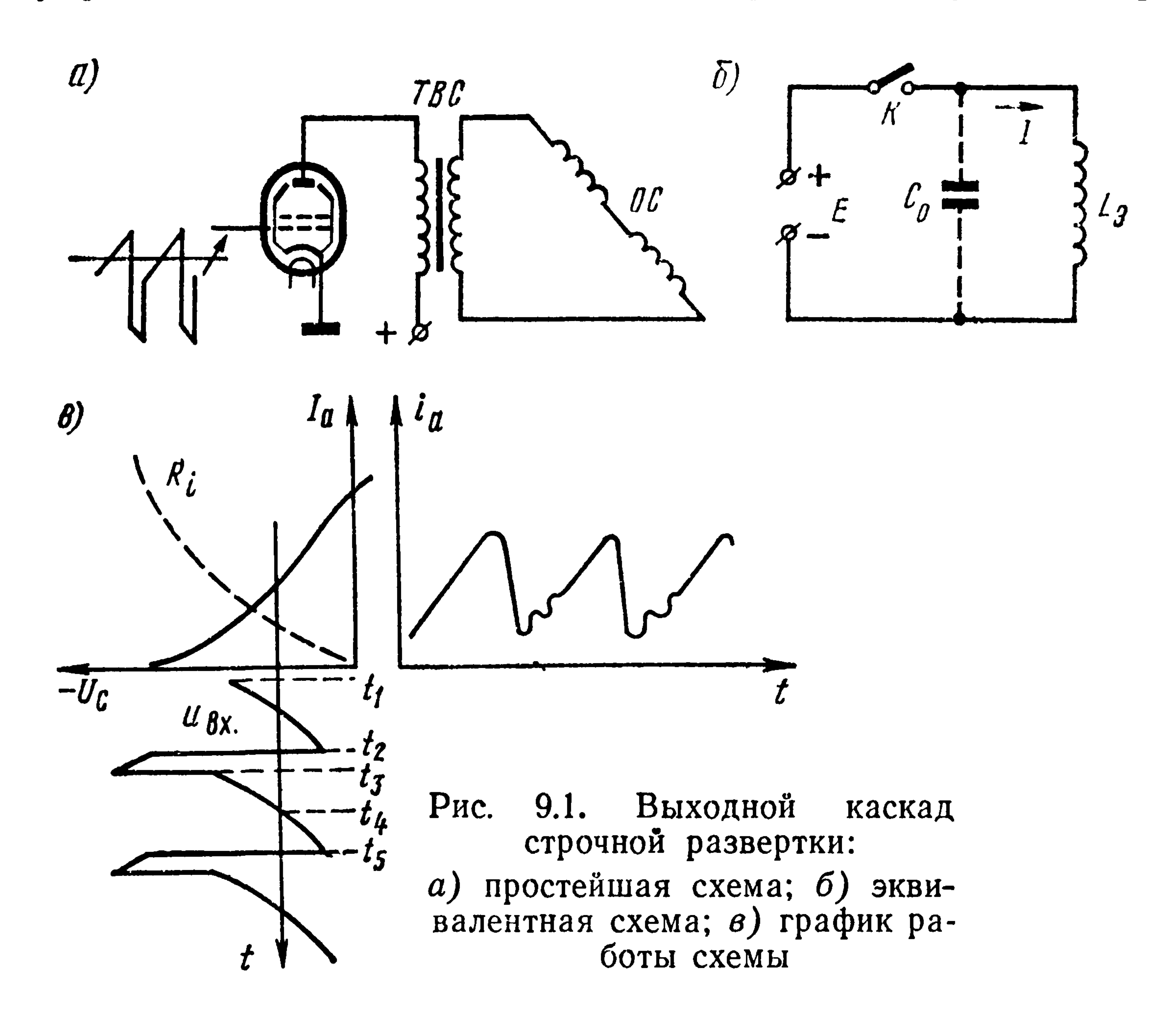


Рис. 9.1. Выходной каскад строчной развертки:
а) простейшая схема; *б)* эквивалентная схема; *в)* график работы схемы

которое поступает с задающего генератора, во время прямого хода луча в анодной цепи выходной лампы течет пилообразный ток (рис. 9.1*в*, время t_1—t_2). Это соответствует замыканию ключа *К* в эквивалентной схеме (рис. 9.1*б*). Во время обратного хода управляющее напряжение резко уменьшается, выходная лампа запирается, прекращается анодный ток и внутреннее сопротивление лампы R_i становится бесконечно большим (время t_2—t_3), что соответствует размыканию ключа *К*.

За время прямого хода, когда лампа открыта и течет анодный ток, в контуре $L_эC_0$ запасается энергия, а после запирания лампы во время обратного хода за счет этой энергии в контуре возникают свободные синусоидальные колебания. Частота этих колебаний определяется параметрами контура $f_к = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_э C_0}}$, и она выше частоты отклоняющего тока.

При увеличении управляющего напряжения (рис. 9.1*в*, время t_3—t_4) выходная лампа вновь открывается и ее внутреннее сопротивление шунтирует контур. Но это не срывает возникшие коле-

бания, так как внутреннее сопротивление лампы в это время будет еще большим (рис. 9.1*в*, пунктир).

В результате на ток пилообразной формы накладывается колебательный ток контура и форма отклоняющего тока недопустимо искажается. Искажения тока вызовут нелинейность левой стороны растра и появление на ней светлых вертикальных полос («сжатая гармоника»).

Когда управляющее напряжение на сетке выходной лампы возрастает настолько, что ее внутреннее сопротивление станет маленьким (t_4—t_5) и будет шунтировать контур, тогда отклоняющий ток станет линейным (вторая половина прямого хода луча).

Для подавления (демпфирования) свободных колебаний в контуре его шунтируют демпфирующим сопротивлением или демпфирующим диодом.

Включение параллельно индуктивности $L_э$ демпфирующего сопротивления $R_д$ (рис. 9.2*а*) превращает колебательный контур в

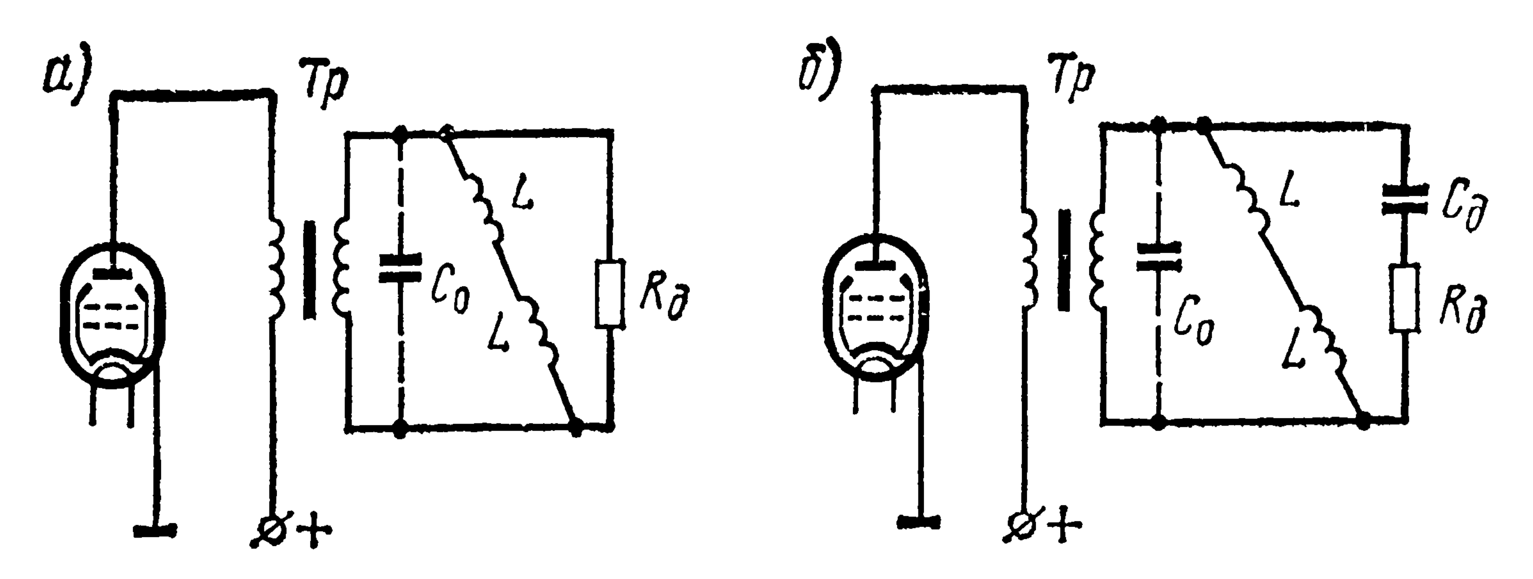


Рис. 9.2. Схемы выходного каскада строчной развертки: *а*) с демпфирующим сопротивлением; *б*) с демпфирующей цепью

апериодический и колебательный процесс не возникает. Основной недостаток такой схемы — потеря энергии, накопленной в магнитном поле отклоняющих катушек за время прямого хода. Эта энергия непроизводительно превращается в тепло и полностью рассеивается на резисторе $R_д$ за время обратного хода. Кроме того, резистор $R_д$ шунтирует контур не только во время обратного хода луча, но и во время прямого хода и тем самым сильно уменьшает размах отклоняющего тока. Поэтому схема с демпфирующим сопротивлением в строчной развертке широко не применяется. Она используется в некоторых схемах кадровой развертки.

Лучшие результаты дает схема выходного каскада с демпфирующей цепью $R_д C_д$ (рис. 9.2*б*). Емкость конденсатора $C_д$ выбирается с таким расчетом, чтобы для тока строчной частоты конденсатор представлял большое сопротивление, а для тока паразитных колебаний — малое.

При таком выборе величины конденсатора $C_д$ во время прямого хода цепь $C_д R_д$ не шунтирует отклоняющие катушки, а во время обратного хода, когда сопротивление цепи будет маленьким, она будет демпфировать паразитные колебания. Кроме того, демпфирующий конденсатор $C_д$ во время прямого хода луча успевает не-

сколько зарядиться отклоняющим током, а во время обратного хода он разряжается через отклоняющие катушки, создавая ток обратного направления. Это значит, что накопленная энергия не теряется, а используется. Однако эта схема имеет тот же недостаток — потеря энергии на резисторе $R_д$.

Из рассмотренного примера можно сделать вывод, что накопленная в магнитном поле отклоняющих катушек за время прямого хода луча энергия может быть использована для обратного хода луча, поэтому паразитные колебания нужно срывать не сразу в момент начала обратного хода (рис. 9.3, точка *А*), а в начале пря-

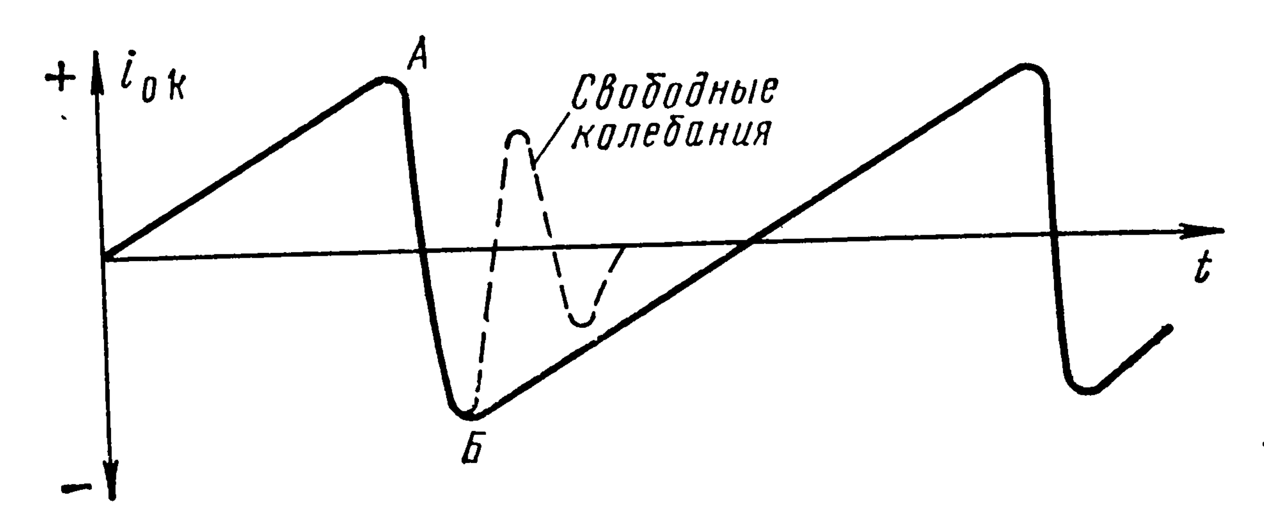


Рис. 9.3. Получение эффективного демпфирования

мого хода развертки (рис. 9.3, точка *Б*). При этом амплитуда тока в отклоняющих катушках возрастает вдвое. Кроме того, очевидно, что демпфирующее сопротивление для эффективного подавления паразитных колебаний должно иметь малую величину (несколько десятков ом) и, сорвав колебания в начале прямого хода, должно отключаться, чтобы не влиять на амплитуду отключающего тока прямого хода луча. Этим требованиям удовлетворяет радиолампа, так как только она может выполнять роль быстродействующего ключа; кроме того, эта радиолампа должна обладать односторонней проводимостью и иметь малое внутреннее сопротивление, когда она открыта. Такой радиолампой является диод.

Как будет показано ниже, применение диода позволяет использовать его не только для срыва колебаний, но и частичного отклонения луча во время прямого хода, при этом выходная лампа может не работать, а значит, можно уменьшить величину потребляемого тока от выпрямителя.

9.3. Выходной каскад с демпфирующим диодом

В схеме выходного каскада с демпфирующим диодом (рис. 9.4*а*): $Л_1$ — выходная лампа; $Л_2$ — демпфирующий диод; $C_дR_д$ — нагрузка демпфера; *Тр* — выходной трансформатор; *ОК* — строчные отклоняющие катушки; C_0 — паразитная емкость.

Обмотки трансформатора включены навстречу друг другу, благодаря чему напряжение на них имеет противоположные знаки.

Режим работы демпфера выбирается таким, чтобы он работал только в первой половине прямого хода луча и отключался в течение второй половины прямого хода и всего времени обратного хода луча.

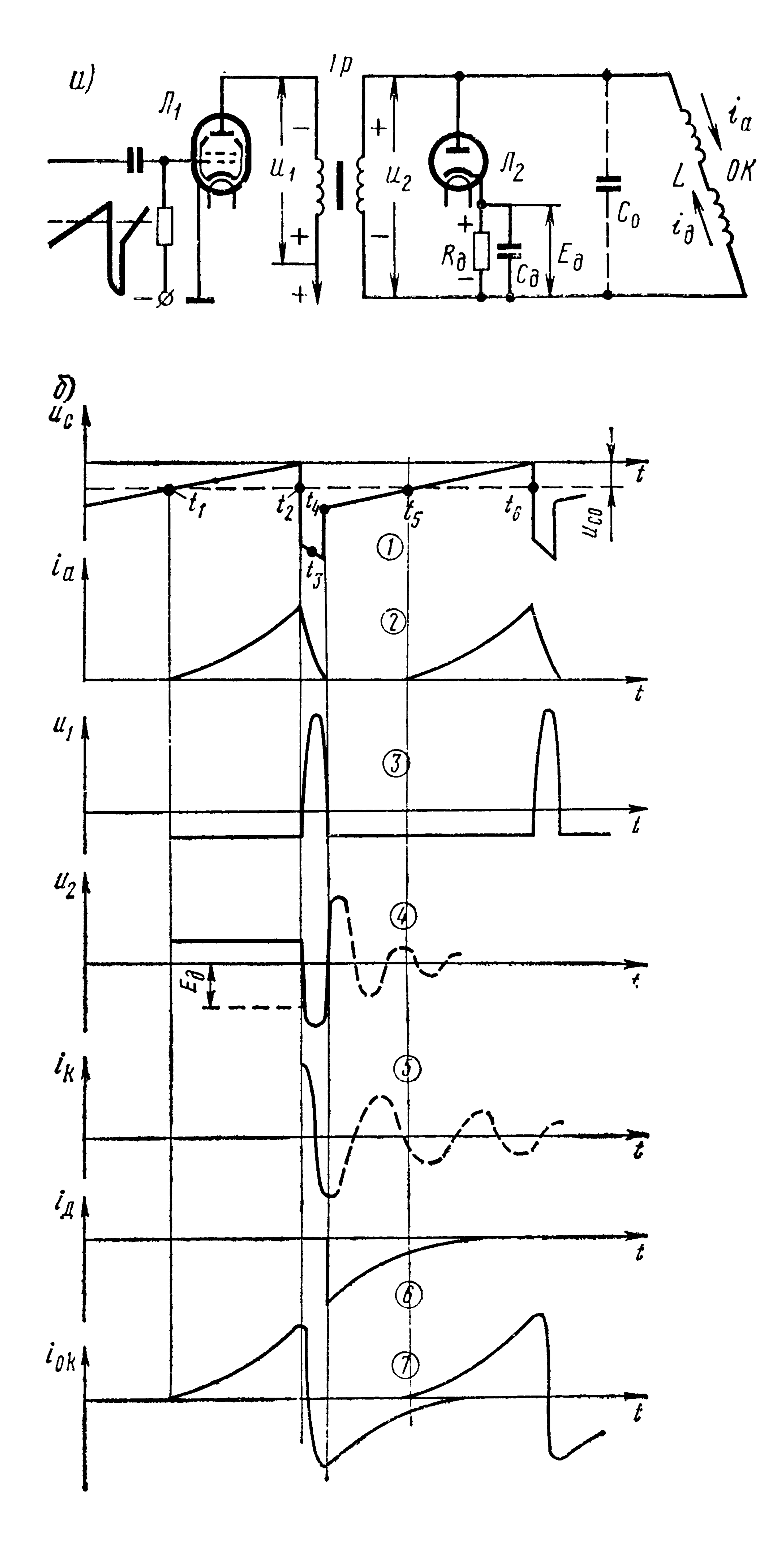


Рис. 9.4. Выходной каскад с демпфирующим диодом:
а) принципиальная схема; *б)* графики, поясняющие ее работу

Выходная лампа ставится в такой режим, при котором она работает только в течение второй половины прямого хода луча, а остальное время она заперта. Такой режим работы лампы достигается увеличением амплитуды пилоимпульсного напряжения, подаваемого на управляющую сетку, т. е. выходная лампа работает в режиме колебания второго рода (класс В).

В результате демпфирующий диод и выходная лампа работают попеременно, что и позволяет с помощью диода не только срывать паразитные колебания, но и уменьшать потребление тока от выпрямителя.

Работа схемы иллюстрируется рис. 9.4*б*. Работу рассмотрим с момента времени t_1, когда выходная лампа открывается под действием приложенного к ее сетке управляющего напряжения u_c (рис. 9.4*б*, кривая *1*) и появляется анодный ток.

Во время линейного нарастания анодного тока на первичной обмотке строчного трансформатора образуется падение напряжения $U_1 = L \frac{di}{dt}$, постоянное по величине и противоположное по знаку напряжению источника питания. Так как скорость изменения линейного тока постоянна, то и U_1 тоже за время прямого хода будет постоянным (рис. 9.4*б*, кривая *3*.)

Напряжение на аноде выходной лампы в это время равно разности напряжений источника питания E_a и напряжения U_1 и незначительно по величине (порядка 120 В).

Напряжение U_2 на вторичной обмотке трансформатора положительно относительно шасси вследствие встречного включения обмоток, постоянно по величине и приложено к аноду демпферной лампы. Но это напряжение не открывает диода, так как на его нагрузке $R_д C_д$ во время предыдущей работы схемы образовалось напряжение $E_д$, которое больше напряжения U_2 и отрицательно по отношению к аноду диода (рис. 9.4*б*, кривая *4*).

Анодный ток, трансформированный во вторичную обмотку, течет через отклоняющие катушки и вызывает отклонение луча по строке до момента времени t_2 (рис. 9.4*б*, кривая *1*). За время t_1—t_2 в магнитном поле отклоняющей катушки накапливается энергия. В момент времени t_2 анодный ток резко падает под действием управляющего напряжения, лампа закрывается и в контуре $L_э C_0$ за счет запасенной энергии возникают собственные колебания. В этот момент вся энергия, накопленная в магнитном поле отклоняющих катушек, переходит в энергию электрического поля паразитной емкости C_0, т. е. появляется колебательный ток, который спадает по косинусоидальному закону (рис. 9.4*б*, кривая *5*).

В течение первой четверти периода собственных колебаний (t_2—t_3) напряжение U_2 на контуре $L_э C_0$ (рис. 9.4*б*, кривая *4*) становится большим по величине, так как скорость изменения тока во времени велика, и отрицательным по знаку, так как ток спадает, а поскольку это напряжение действует на аноде диода, то последний надежно заперт.

На аноде выходной лампы в это время благодаря встречному

включению обмоток трансформатора возникает большой положительный импульс (рис. 9.4*б*, кривая *3*) и для поддержания лампы в запертом состоянии отрицательный импульс на управляющей сетке должен быть достаточно большим.

Затем конденсатор C_0 по закону свободных колебаний начинает разряжаться через отклоняющие катушки, это значит, что колебательный ток $i_к$, достигнув своей максимальной отрицательной величины, начинает уменьшаться по закону свободных колебаний (рис. 9.4*б*, кривая *5* — пунктир), поэтому и напряжение U_2, достигнув максимальной отрицательной величины, тоже начинает уменьшаться, затем меняет свой знак на обратный, становится положительным и начинает быстро увеличиваться.

В момент t_4, когда напряжение U_2 превысит отрицательное напряжение $E_д$, диод откроется. Малое внутреннее сопротивление открытого диода зашунтирует контур $L_эC_0$, и собственные колебания будут сорваны. Колебательный ток будет замыкаться теперь через диод и конденсатор $C_д$, заряжая его до напряжения $E_д$. Этот ток будет линейным, и поэтому он используется для отклонения луча по строке в первую половину прямого хода (рис. 9.4*б*, кривая *6*). Линейным он будет потому, что в это время к индуктивности отклоняющих катушек приложено только постоянное напряжение $E_д$, а активное сопротивление открытого диода и катушек очень мало. Как было установлено в § 7.5, в этом случае в катушках ток изменяется с постоянной скоростью, т. е. является пилообразным.

Таким образом, за время t_4—t_5, когда в отклоняющих катушках течет ток демпфера $i_д$, энергия, накопленная в индуктивности за счет работы выходной лампы, передается емкости $C_д$, а затем рассеивается на резисторе $R_д$ и ток $i_д$ постепенно спадает (рис. 9.4*б*, кривая *6*). По мере уменьшения тока $i_д$ внутреннее сопротивление диода увеличивается и, как следствие этого, ухудшается его линейность. В момент времени t_5, когда нелинейность изменения тока становится недопустимой для отклонения луча, должна открыться выходная лампа, тогда в отклоняющих катушках потечет ток, трансформированный из анодной цепи этой лампы.

Так как анодно-сеточная характеристика выходной лампы вблизи отсечки анодного тока нелинейна, ток $i_а$ в это время тоже нелинеен, но его нелинейность противоположна нелинейности тока $i_д$, поэтому при наложении этих токов друг на друга отклоняющий ток $i_{ок}$ оказывается близким к линейному (рис. 9.4*б*, кривая *7*).

К моменту времени t_5 напряжением $E_д$ диод закроется, шунтирование отклоняющих катушек прекратится и отклоняющий ток будет линейно нарастать за счет анодного тока выходной лампы. Весь процесс повторится сначала.

Таким образом, отклоняющий ток в строчных катушках складывается из трех токов: трансформированного из анодной цепи тока выходной лампы (отклоняет луч в правой части экрана), тока, вызванного собственными колебаниями (осуществляет обратный ход луча), и тока диода (отклоняет луч в левой части экра-

на). Поэтому в схеме с демпфирующим диодом величина тока, которая создается выходной лампой в результате расхода энергии источника питания, значительно меньше.

Из рассмотрения работы схемы следует, что демпфирующий диод, в отличие от демпфирующего сопротивления, шунтирует отклоняющие катушки только в первой половине прямого хода луча, а во время работы выходной лампы и в течение обратного хода луча он заперт и не оказывает шунтирующего действия.

Отклонение луча в первой половине прямого хода и во все время обратного хода в этой схеме осуществляется за счет энергии, накопленной индуктивностью в течение второй половины прямого хода луча, когда работает выходная лампа.

Это еще раз показывает эффективность данной схемы. Однако она имеет существенный недостаток, который заключается в том, что накопленная энергия в конечном счете рассеивается на нагрузке диода $R_д$ и большая мощность расходуется бесполезно.

Поиски путей использования этой мощности привели к созданию новой экономичной схемы развертки с обратной связью по питанию.

Необходимость создания такой схемы была вызвана еще и тем, что в телевизорах начали использоваться кинескопы с большим экраном и повышенным анодным напряжением, а это, в свою очередь, требовало значительного увеличения мощности, потребляемой выходным каскадом строчной развертки.

9.4. Выходной каскад строчной развертки с обратной связью по питанию

В схемах строчной развертки с обратной связью по питанию источник анодного питания $E_а$ включается последовательно с цепью нагрузки демпфера $R_дC_д$ (рис. 9.5), на которой образуется

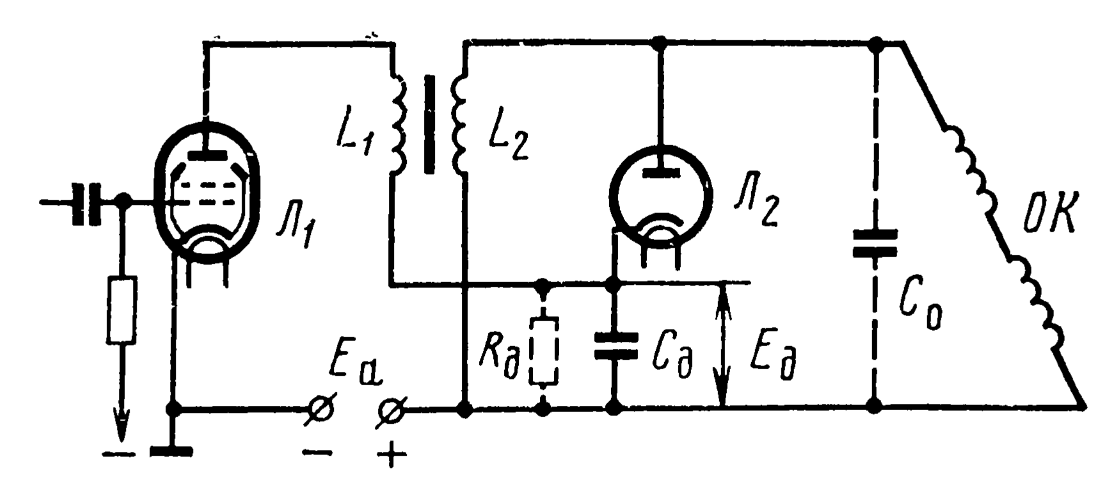


Рис. 9.5. Схема выходного каскада строчной развертки с обратной связью по питанию

дополнительное постоянное напряжение $E_д$. Это напряжение получило название «вольтодобавки» или «подпитки».

В результате последовательного включения $E_а$ и $E_д$ напряжение на аноде выходной лампы увеличивается на величину $E_д$, значительно превосходящую напряжение источника $E_а$.

Повышение анодного напряжения приводит к заметному улучшению линейности отклоняющего тока, увеличению пика напря-

жения во время обратного хода, что необходимо для получения высокого напряжения, питающего анодную цепь кинескопа, и к увеличению размаха отклоняющего тока при той же затрате энергии от источника питания.

В практических схемах режим демпфирующего диода подбирается таким, чтобы средние токи, протекающие через диод и выходную лампу, были равны по величине. При этом условии сопротивление нагрузки демпфера $R_д$ оказывается ненужным, так как его роль выполняет внутреннее сопротивление выходной лампы, а это еще более увеличивает эффективность схемы.

В схемах современных телевизоров в выходном каскаде используется не трансформатор, а автотрансформатор, это уменьшает индуктивность рассеяния и распределенные емкости.

Принципиальная схема выходного каскада строчной развертки с обратной связью по питанию представлена на рис. 9.6.

Под воздействием управляющего напряжения выходная лампа открывается, ее анодный ток увеличивается по линейному закону.

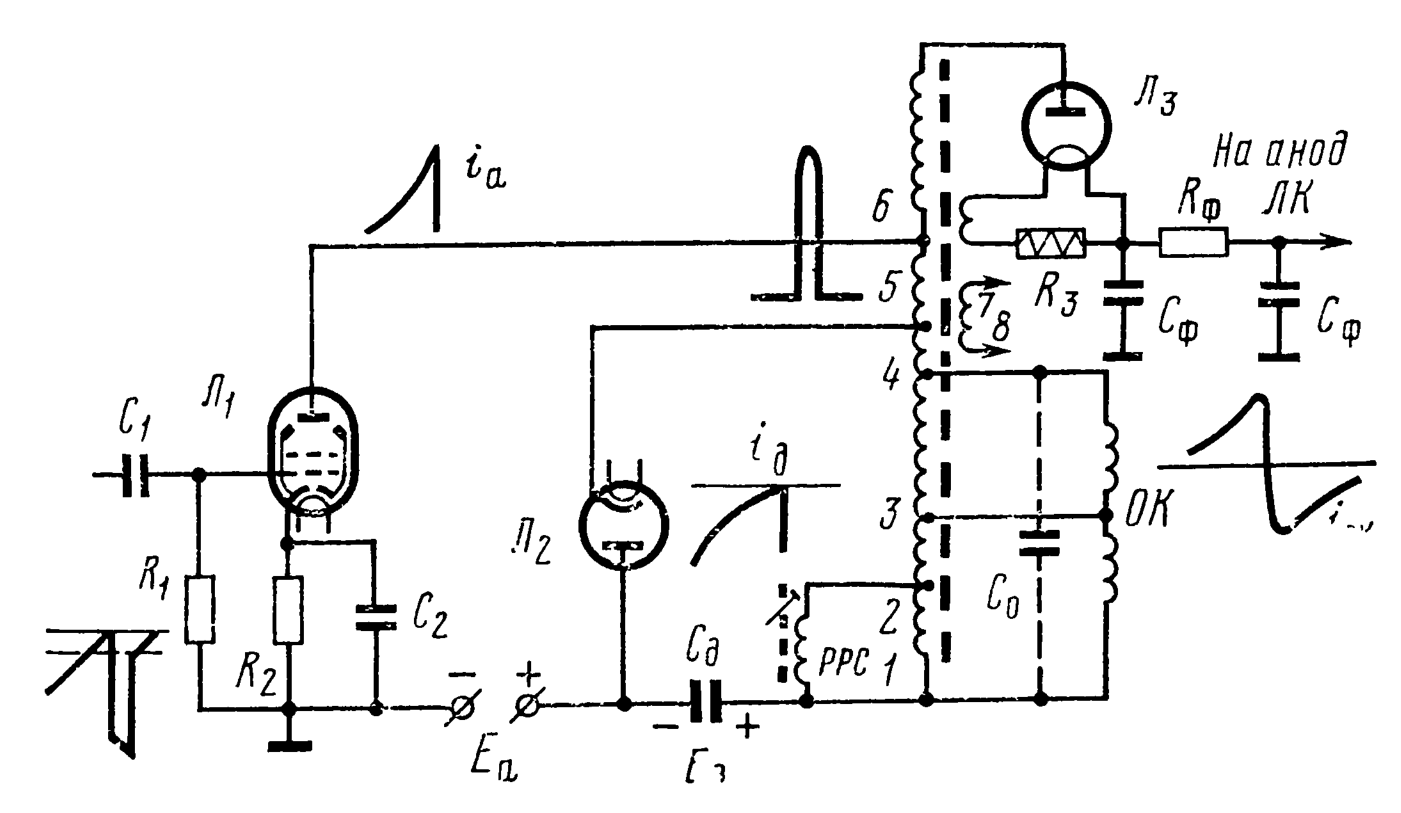


Рис. 9.6. Практическая схема выходного каскада строчной развертки с обратной связью по питанию

Ток выходной лампы протекает по цепи: анод — катод лампы, источник питания, конденсатор «вольтодобавки» $C_д$, обмотка трансформатора.

В это время выходная лампа потребляет энергию от источника питания и конденсатора $C_д$, частично разряжая его. Ток через демпфирующий диод в это время не проходит, так как диод заперт напряжением $E_д$. При резком уменьшении управляющего напряжения выходная лампа закрывается и в анодном контуре ($L_э C_0$) возникают свободные колебания, так как шунтирующее действие выходной лампы на контур прекращается. Во время первого полупериода собственных колебаний осуществляется обратный ход луча. По окончании первого полупериода собственных колебаний диод открывается, свободные колебания срываются, а ток в отклоняющих катушках замыкается через диод и конденсатор $C_д$, подзаряжая его до напряжения $E_д$.

Цепь тока диода такова: отклоняющие катушки, конденсатор «вольтодобавки» $C_д$, анод — катод диода, обмотка трансформатора, отклоняющие катушки. Пока этот ток линеен, он будет производить отклонение луча от левого края растра к середине, и выходная лампа будет закрыта.

В схеме используется строчной автотрансформатор (ТВС), к первому и четвертому выводам которого подключаются строчные отклоняющие катушки. Точка их соединения подключается к третьему выводу ТВС. Этим обеспечивается равенство параметров контуров каждой катушки и устраняется искажение растра.

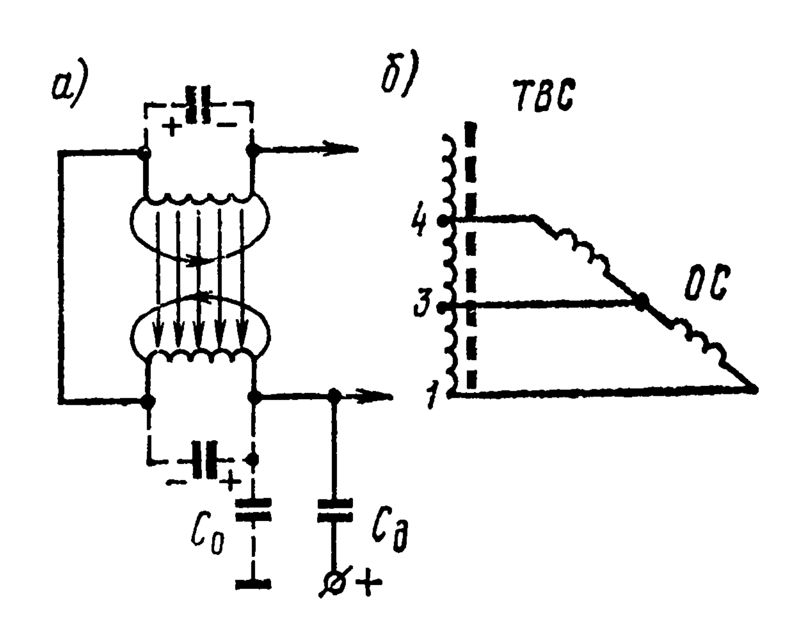


Рис. 9.7. Подключение строчных отклоняющих катушек к ТВС

Дело в том, что каждая строчная отклоняющая катушка со своей междувитковой емкостью образует контур (рис. 9.7), в котором возникают свободные колебания с частотой, гораздо большей частоты строчной развертки. Если основное магнитное поле образует вертикальные силовые линии, перемещающие луч слева направо, т. е. по горизонтали, то магнитные поля, образованные вокруг катушек, рассматриваемых как катушки контуров, образуют горизонтальное магнитное поле, которое будет перемещать луч по вертикали. При равенстве параметров этих контуров противофазные горизонтальные магнитные поля уничтожаются и на отклонение луча не влияют. Катушка, подключенная к конденсатору $C_д$ (нижняя), через этот конденсатор и выпрямитель соединена с шасси по переменному току, поэтому ее контур имеет большую паразитную емкость C_0. Это нарушает равенство параметров контуров и приводит к появлению результирующего переменного магнитного поля, за счет которого на левой части растра образуется волнистость. Для ее уменьшения средний вывод отклоняющих катушек соединяется с выводом *3* ТВС. Это несколько выравнивает параметры контуров.

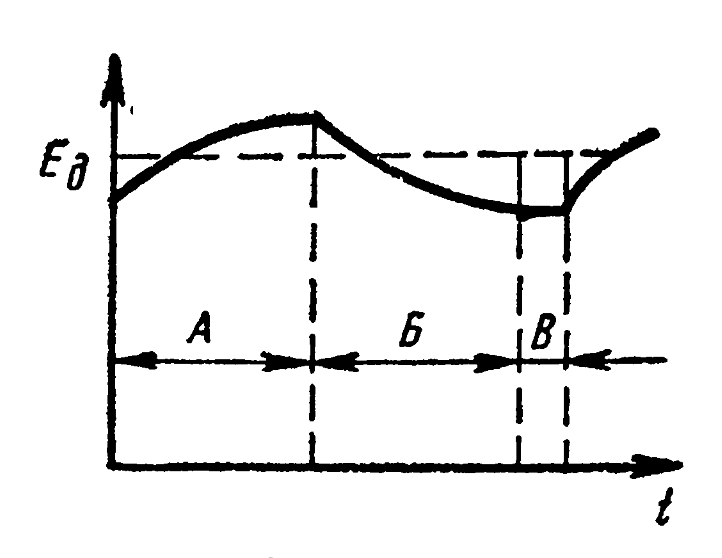


Рис. 9.8. Среднее напряжение на конденсаторе «вольтодобавки»

В схемах строчной развертки с обратной связью по питанию режим демпферного диода подобран таким, чтобы постоянные составляющие токов выходной и демпферной ламп были равны. Во время первой половины прямого хода, когда работает диод, конденсатор $C_д$ заряжается его током (рис. 9. 8, участок *А*). Во время второй половины прямого хода, когда работает выходная лампа, конденсатор $C_д$ разряжается через ее внутреннее сопротивление (рис. 9.8, участок *Б*). Во время

обратного хода напряжение на конденсаторе остается постоянным (участок B).

Подбор режима демпфера заключается в соответствующем подсоединении его к определенным точкам обмотки ТВС, регулировке времени его запирания и отпирания и выборе величины конденсатора вольтодобавки $C_д$. Поэтому в практических схемах ток демпфера не всегда равен току выходной лампы и отклоняет луч примерно в 1/3 времени прямого хода (левая часть растра), а не на половину растра.

В рассмотренной схеме с вольтодобавкой своеобразным является то обстоятельство, что ток питания выходной лампы, который создается двойным источником $E_a+E_д$, проходит через конденсатор $C_д$. Обычно последовательно включенный в цепь питания конденсатор не пропускает постоянную составляющую анодного тока. В этой схеме подобное включение возможно, так как здесь заряженный конденсатор следует рассматривать как аккумулятор, который постоянно подзаряжается. Кроме того, постоянная составляющая тока выходной лампы течет от выпрямителя через демпфер и через выходную лампу. Ток, проходящий через конденсатор, является переменным и состоит из тока демпфера и тока выходной лампы, текущих поочередно в противоположные стороны.

Как видно из схемы, постоянная составляющая анодного тока проходит через обмотку автотрансформатора и, значит, насыщает его сердечник. Это снижает магнитную проницаемость μ, а следовательно, и индуктивность катушки, что, в свою очередь, снижает эффективность схемы. Поэтому в некоторых схемах выходных каскадов строчной развертки используется специальный дроссель, пропускающий через себя постоянную составляющую анодного тока, или трансформатор с воздушными зазорами в магнитопроводах.

9.5. Регулировка размера и линейности изображения по горизонтали

Регулировка размера изображения по горизонтали производится обычно дросселем с подвижным ферритовым сердечником. Этот дроссель называется регулятором размера строк (РРС) (рис. 9.6).

Регулятор размера строк подключается к выводам *1—2* выходного строчного автотрансформатора и шунтирует часть его обмотки. Изменение положения ферритового сердечника изменяет индуктивность дросселя в три раза, что дает возможность изменять в широких пределах индуктивную нагрузку выходной лампы.

При уменьшении индуктивности дросселя (сердечник выведен) часть тока ответвляется через РРС, а амплитуда тока, протекающего через отклоняющие катушки, уменьшается, следовательно, уменьшается и размер изображения. При увеличении индуктивности (сердечник введен) ее шунтирующее действие уменьшается и размер изображения увеличивается.

Недостатком такой регулировки является увеличение тока через выходную лампу в тех случаях, когда размер произвольно

увеличивается из-за увеличения напряжения сети. В этом случае индуктивность РРС надо уменьшить, а это вызовет уменьшение нагрузки выходной лампы и увеличение ее тока.

Для регулировки размера используются также четырехступенчатый переключатель и три резистора, включенные последовательно в цепь питания экранной сетки выходной лампы и демпфера (рис. 9.9). Перестановкой колодки КП-3А эти резисторы можно

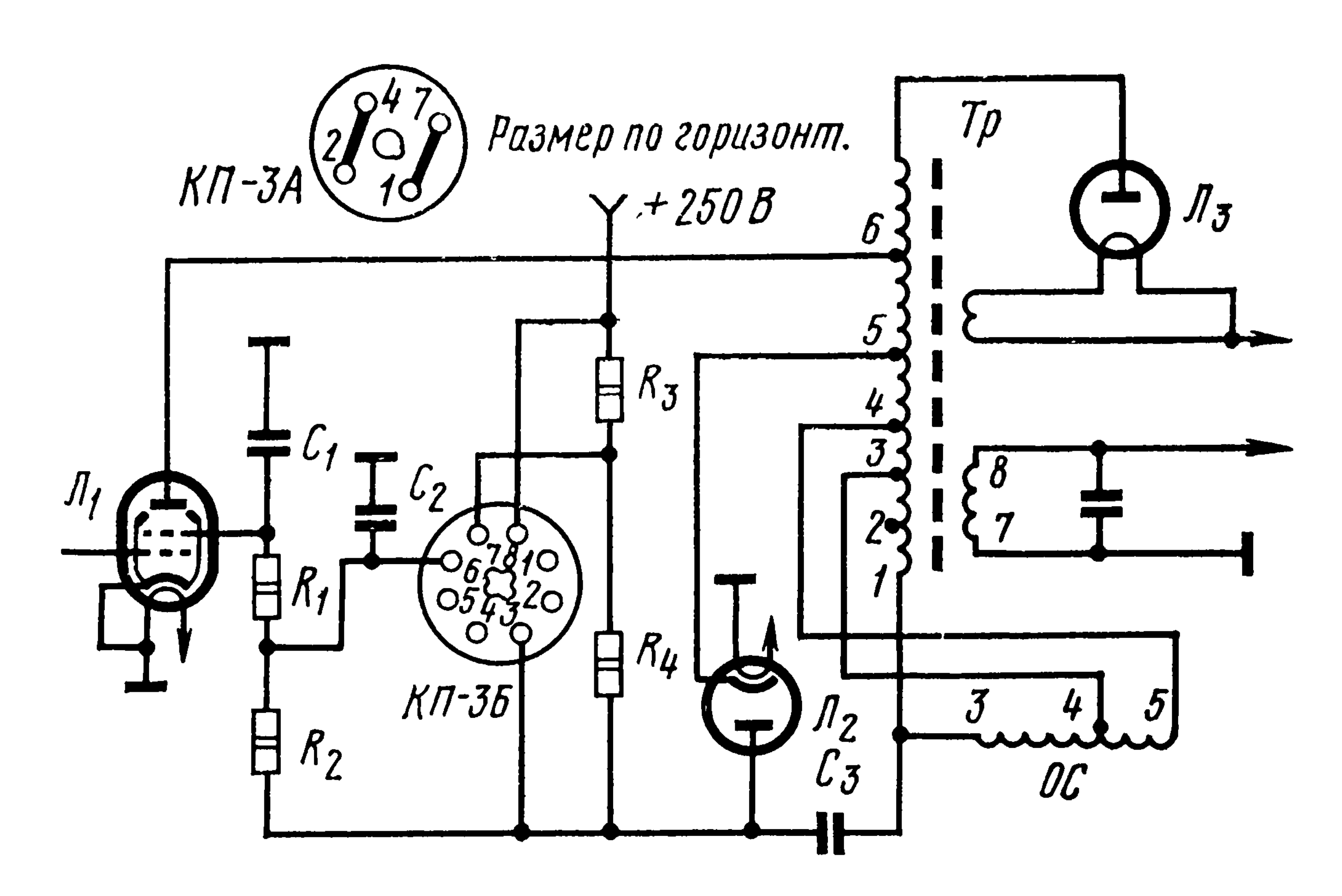


Рис. 9.9. Регулировка размера изображения по горизонтали с помощью ступенчатого переключателя

исключать и соответственно изменять напряжение на аноде демпфирующего диода и экранирующей сетке выходной лампы.

При таком способе регулировки размера электрический и температурный режимы выходного каскада облегчаются.

В современных телевизорах используются схемы стабилизации, позволяющие поддерживать постоянным размер изображения независимо от колебаний напряжения сети и старения ламп.

Главной причиной нелинейности изображения по горизонтали являются активные сопротивления в цепи отклоняющего тока: внутреннее сопротивление выходной и демпферной ламп, сопротивления проводов обмоток строчного автотрансформатора и отклоняющих катушек. Когда открывается демпфирующий диод, он своим малым внутренним сопротивлением шунтирует контур, в результате чего в первой половине прямого хода ток спадает не по линейном закону, а по закону экспоненты, что приводит к большей скорости перемещения луча в начале строки и создает вытянутость изображения слева.

Уменьшить нелинейные искажения можно либо уменьшением активного сопротивления в цепи отклоняющего тока до нуля, что практически невозможно, либо уменьшением скорости перемещения луча в начале строки за счет искусственного увеличения сопротивления только на это время. Это достигается включением в цепь строчных катушек индуктивности с насыщенным сердечни-

ком. Причем сопротивление этой индуктивности должно постепенно уменьшаться к концу прямого хода луча, где нелинейные искажения отсутствуют.

Обычно такой характер изменения сопротивления цепи можно получить при помощи нелинейной индуктивности (рис. 9.10, РЛС), сопротивление которой велико в начале прямого хода и постепенно уменьшается к концу прямого хода луча.

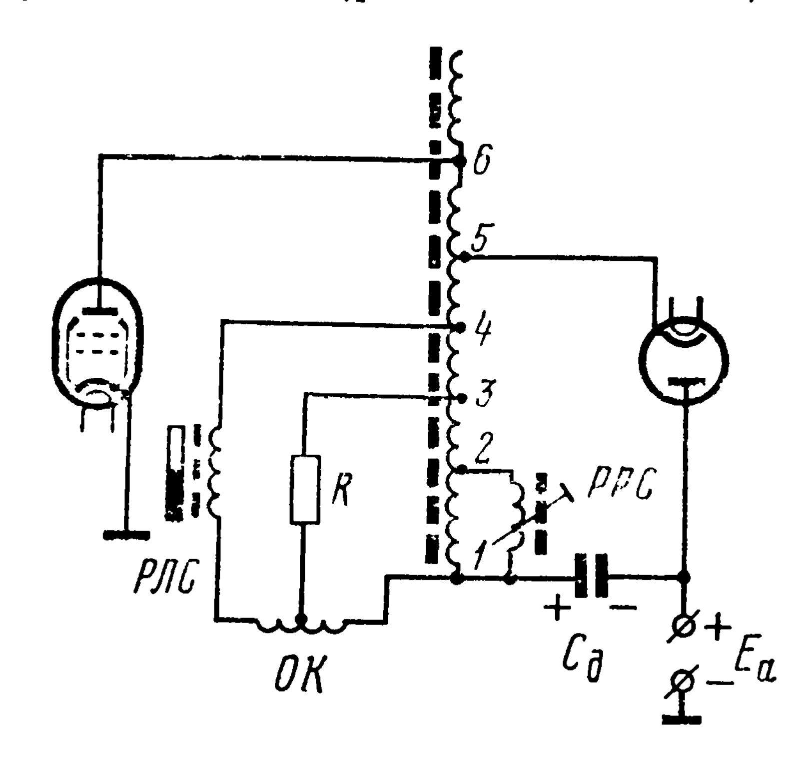


Рис. 9.10. Схема регулировки линейности по горизонтали

Регулятор линейности строк (РЛС) представляет собой катушку с ферритовым сердечником, рядом с которой расположен постоянный магнит. По катушке протекает пилообразный ток, который состоит из токов демпфера и выходной лампы. Эти токи создают вокруг катушки магнитное поле, которое вычитается или складывается с полем постоянного магнита.

Во время работы демпфера магнитное поле, образованное его током, направлено против поля постоянного магнита: разностное магнитное поле не насыщает сердечник и катушка представляет собой большую индуктивность, что приводит к уменьшению скорости изменения отклоняющего тока и сжатию растянутого левого края изображения.

Во время работы выходной лампы магнитное поле, создаваемое ее током, складывается с магнитным полем постоянного магнита. Суммарное магнитное поле насыщает ферритовый сердечник, диаметр которого 3 мм, а катушка с насыщенным сердечником равносильна катушке без сердечника, поэтому ее индуктивное сопротивление не велико и РЛС на линейность тока не влияет.

Изменяя положение постоянного магнита, можно в широких пределах регулировать линейность изображения.

9.6. Получение высокого напряжения для питания анода кинескопа

Для нормальной работы телевизора на анод кинескопа должно быть подано высоковольтное напряжение, величина которого зависит от размера экрана телевизора и лежит в пределах от 4—20 кВ. При этом мощность, потребляемая кинескопом от источника напряжения, невелика и составляет 1—2 Вт, так как ток в цепи анода кинескопа составляет десятые доли миллиампера.

В качестве источника такого напряжения можно использовать обычный выпрямитель с высоковольтным трансформатором, работающим от сети переменного тока. Однако этот способ питания кинескопа имеет ряд существенных недостатков, поэтому не используется.

Недостатки этого метода следующие:

1. Для устранения пульсаций выпрямленного напряжения необходим сглаживающий фильтр. Низкая частота пульсации заставляет применять в этом фильтре конденсаторы с большой емкостью, рассчитанные на высокое пробивное напряжение. Такие конденсаторы громоздки и дороги.

2. После выключения схемы разряд конденсатора фильтра происходит медленно и поэтому высокое напряжение на аноде кинескопа сохраняется долго, что приводит к преждевременному разрушению катода и экрана кинескопа.

3. Высокое анодное напряжение приложено к аноду кинескопа всегда, даже в случае выхода из строя генераторов развертки, при этом электронный луч прочерчивает только полосу по горизонтали или вертикали, а в случае одновременного выхода из строя разверток он останавливается в одной точке экрана. Это приводит к прожиганию люминофора.

Указанные недостатки устраняются при использовании для выпрямления импульсов напряжения, которые возникают в строчном автотрансформаторе во время обратного хода луча. Этот способ получения высоковольтного напряжения используется во всех современных телевизорах.

Согласно рис. 9.4 (кривая *3*) во время обратного хода напряжение в выходной цепи строчной развертки имеет максимальное значение. Амплитуда импульсов этого напряжения в современных схемах достигает величины 6—8 кВ. Эти кратковременные импульсы, следующие с частотой 15625 Гц, повышаются до требуемой величины с помощью специальной высоковольтной обмотки ТВС и подаются на высоковольтный кенотрон (рис. 9.6, $Л_3$). Кенотрон отпирается, и конденсаторы фильтра заряжаются почти до пикового значения импульсов высокого напряжения (рис. 9.11). Нить накала (катод) кенотрона питается от пониженного до одного или трех вольт импульса обратного хода.

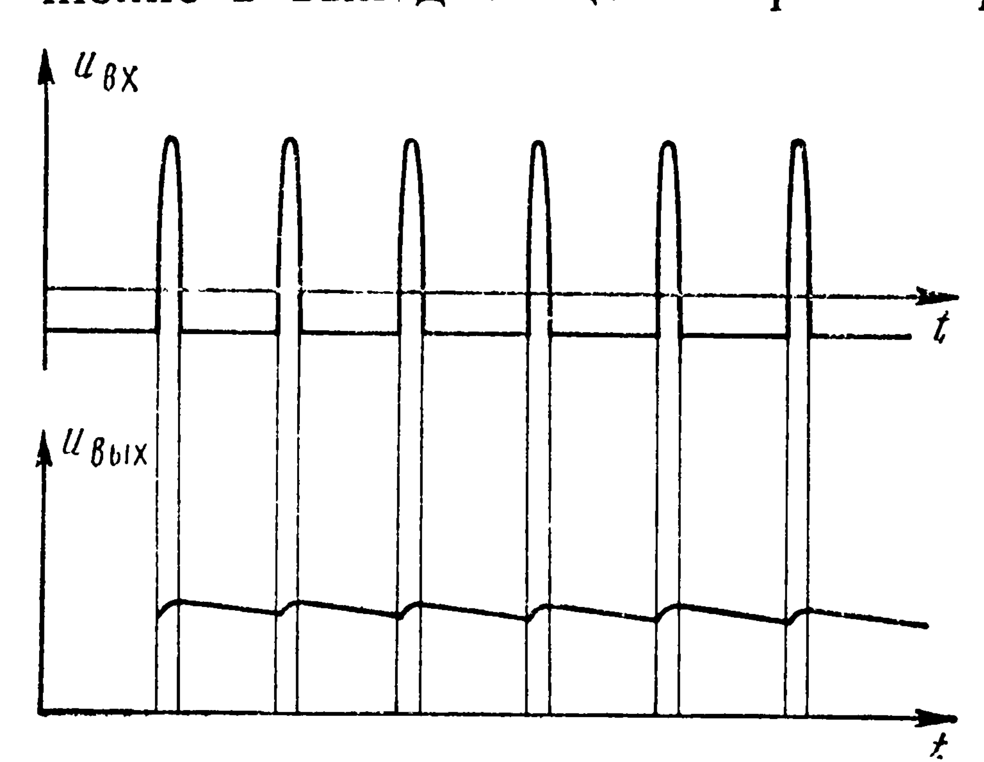


Рис. 9.11. График получения высоковольтного напряжения

Обмоткой накала служит всего один виток надежно изолированного от сердечника провода, расположенного на строчном автотрансформаторе.

Высоковольтные кенотроны потребляют малую мощность по накалу (0,25—0,6 Вт), поэтому не оказывают влияния на процессы, происходящие в выходном строчном автотрансформаторе.

Благодаря высокой частоте высоковольтных положительных импульсов (15625 Гц) фильтрация напряжения получается доста-

точной при использовании Г- или П-образного фильтра, состоящего из двух емкостей в несколько сотен пикофарад, и резистора в один мегом. В схеме фильтра применяются конденсаторы с высоким значением пробивного напряжения.

Следует иметь в виду, что высоковольтный фильтр, предназначенный для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения, одновременно является помехозащитным устройством, так как ослабляет воздействие колебаний, возникающих в блоке строчной развертки, на близко расположенные радиоприемники. Ослабление колебаний необходимо, так как их гармоники лежат в радиовещательном диапазоне и воздействуют на радиоприемники в виде помех.

В некоторых типах телевизионных приемников роль конденсатора фильтра выполняет емкость между аквадагом и внешним графитовым покрытием, разделенными стеклом колбы кинескопа.

Постоянная времени фильтра выбирается большой по сравнению с периодом импульсов, поэтому напряжение на выходе фильтра выпрямителя имеет малый уровень пульсаций.

Большим преимуществом такой схемы получения высокого напряжения является то, что это напряжение не подается на анод кинескопа, если строчная развертка отсутствует. Этим предупреждается повреждение слоя люминофора.

9.7. Схемные и конструктивные особенности блока строчной развертки для кинескопов с углом отклонения луча 110°

Схемы выходных каскадов, использующие кинескопы с углом отклонения луча 110°, имеют характерные особенности, связанные с работой развертывающих устройств, повышением расхода энергии и специфическими искажениями изображения.

Дело в том, что увеличение угла отклонения луча в кинескопе требует значительного повышения напряженности поля, создаваемого отклоняющими катушками, при этом потребляемая ими мощность увеличивается примерно в два раза по сравнению с мощностью, которую потребляют отклоняющие катушки 70-градусного отклонения луча.

Для сохранения экономичной схемы генератора строчной развертки при 110-градусном отклонении приняты специальные меры, при которых значительно повышается эффективность отклонения луча при сохранении той же мощности генератора. Эти меры следующие:

1. Диаметр горловины кинескопа с углом отклонения луча 110° уменьшен до 29 мм против 38 мм у горловины кинескопа с углом отклонения луча 70°. При этом отклоняющие катушки располагаются на горловине кинескопа ближе друг к другу и при той же мощности выходного каскада значительно увеличивается напряженность отклоняющего поля.

2. В кинескопах с углом отклонения луча 110° применена параболическая форма перехода от цилиндрической части колбы к конической, так как эта форма соответствует траектории луча при его максимальном отклонении (рис. 9.12*а*). Если сохранить преж-

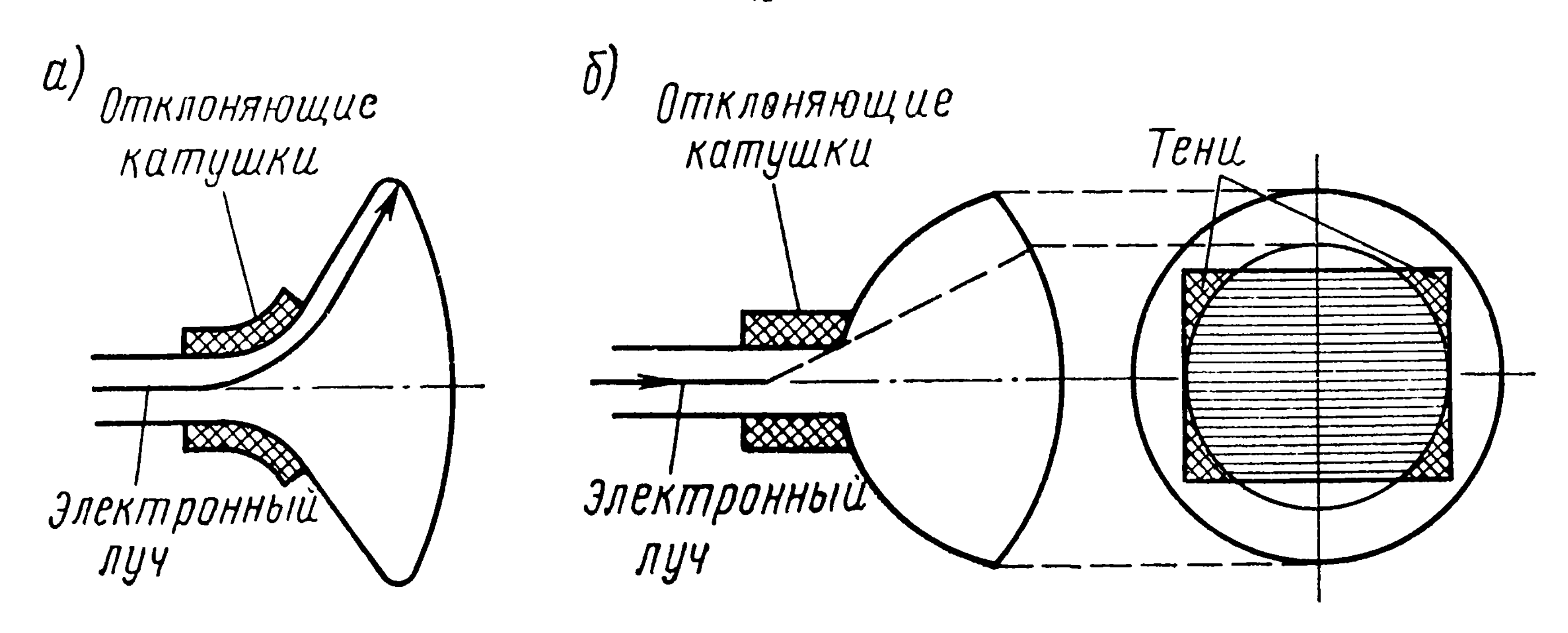


Рис. 9.12. Обоснование формы колбы кинескопа с углом отклонения луча 110°:
а) параболическая форма перехода от цилиндрической части к конической; *б*) появление теней на углах растра

нюю форму колбы кинескопа, то на светящемся экране появятся затемненные углы (рис. 9.12*б*). Форма отклоняющих катушек в ОС-110 полностью повторяет параболическую форму перехода, при этом рабочая часть катушек располагается не только на горловине кинескопа, но и на конусной части колбы, что значительно увеличивает действующую длину катушек, а следовательно, и эффективность отклонения луча.

3. Длина отклоняющей системы увеличена и в ней применено ферритовое кольцо с высокой магнитной проницаемостью: форма кольца повторяет форму перехода от горловины к конусу кинескопа.

4. В выходном строчном автотрансформаторе ТСВ-110 используется сердечник с повышенной магнитной проницаемостью (2000 Гс/Э вместо 600 Гс/Э ТВС-70); это увеличивает индуктивность обмотки ТВС. Напряженность отклоняющего поля пропорциональна, как известно, не только амплитуде тока, но и индуктивности, поэтому здесь амплитуда отклоняющего тока может быть уменьшена и, таким образом, мощность, потребляемая каскадом, снижена.

5. Индуктивность обмотки ТВС повышается еще из-за отсутствия подмагничивания сердечника постоянным током благодаря соответствующему включению РРС или при применении сердечника с воздушным зазором.

6. Для увеличения высокого напряжения, питающего анод кинескопа без дополнительной намотки высоковольтной катушки ТВС, в последнем используются два резонансных контура (рис. 9.13а). Первый состоит из индуктивности L_1 (пересчитанная индуктивность обмоток ТВС, ОС и РРС) и емкости C_1 (межвитко-

вая емкость L_1, выходная емкость ламп и емкость монтажа). Этот контур настроен на первую гармонику свободных колебаний, возникающих в эквивалентной схеме анодной цепи выходной лампы во время обратного хода луча. Частота свободных колебаний равна 70—100 кГц. Второй контур состоит из индуктивности L_2 (ин-

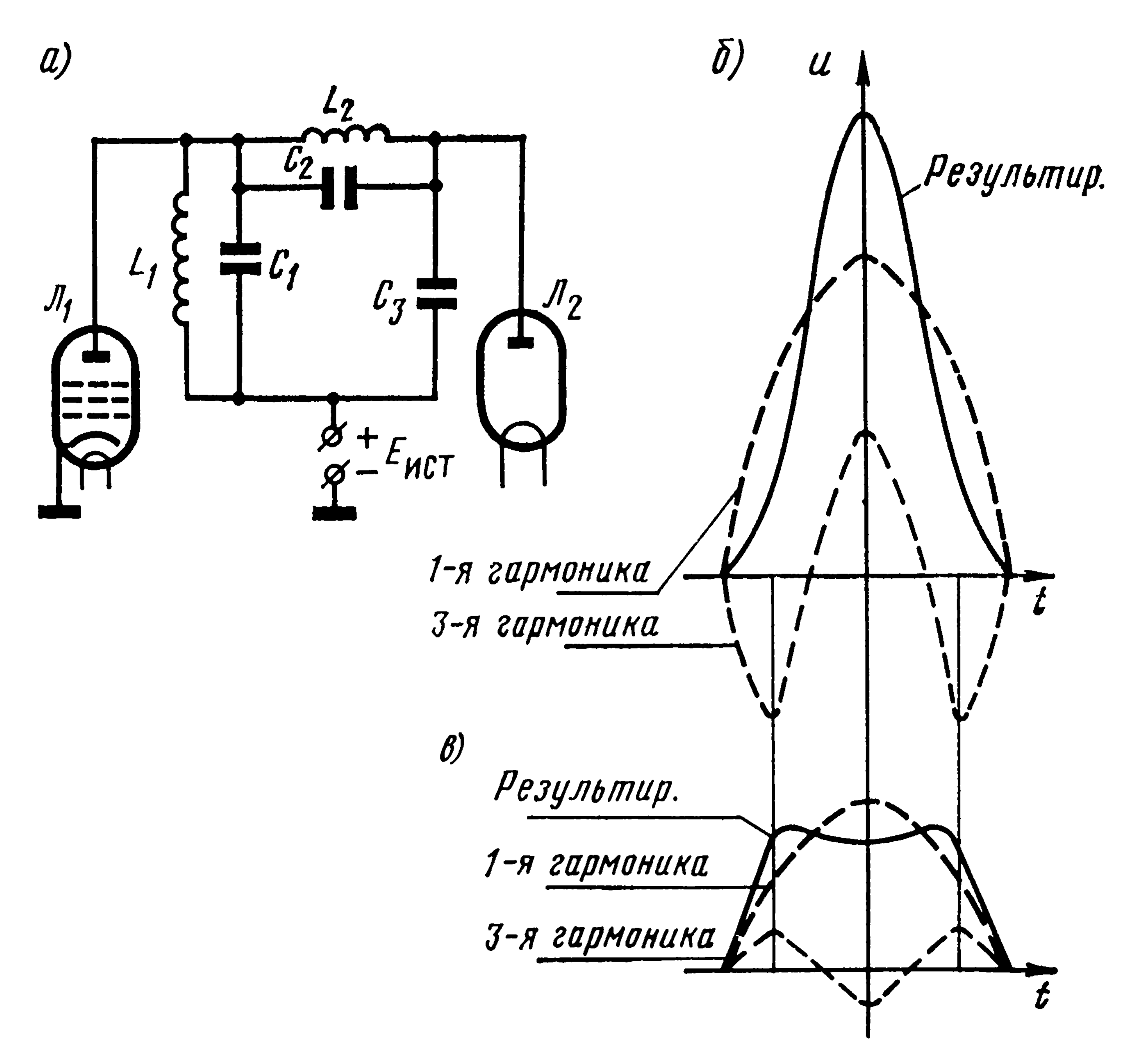


Рис. 9.13. Увеличение высокого напряжения на аноде кинескопа с углом отклонения луча 110°

дуктивность высокой обмотки), емкостей C_1, C_2 (межвитковая емкость высоковольтной обмотки), емкости C_3 (межэлектродная емкость высоковольтного кенотрона и емкость монтажа). Второй контур настраивается на третью гармонику частоты свободных колебаний 210—300 кГц. Это значит, что когда выходная лампа заперта, то во втором контуре возникают колебания с утроенной частотой и с такой фазой, при которой максимумы напряжения первой и третьей гармоник складываются (рис. 9.13*б*). Благодаря этому результирующее напряжение на аноде высоковольтного кенотрона повышается примерно на 20% без дополнительного увеличения числа витков высоковольтной обмотки.

Напряжение третьей гармоники передается из второго контура (L_2) в первый (L_1). Фазовые соотношения в контурах таковы, что в первом контуре напряжение третьей гармоники оказывается противофазным по сравнению с фазой напряжения этой же частоты во втором контуре.

В связи с этим максимальные значения напряжения первой и третьей гармоник в первом контуре вычитаются (рис. 9.13*в*) и

амплитуда пика результирующего напряжения на аноде выходной и катоде демпферной ламп уменьшается тоже примерно на 20%, облегчая режим работы этих ламп.

Кинескопам с большим углом отклонения луча и плоским экраном присущи специфические искажения изображения, возникающие из-за нарушения прямой пропорциональности между отклонением луча по экрану и величиной отклоняющего тока. На рис. 9.14*а* показан график зависимости отклонения луча от напря-

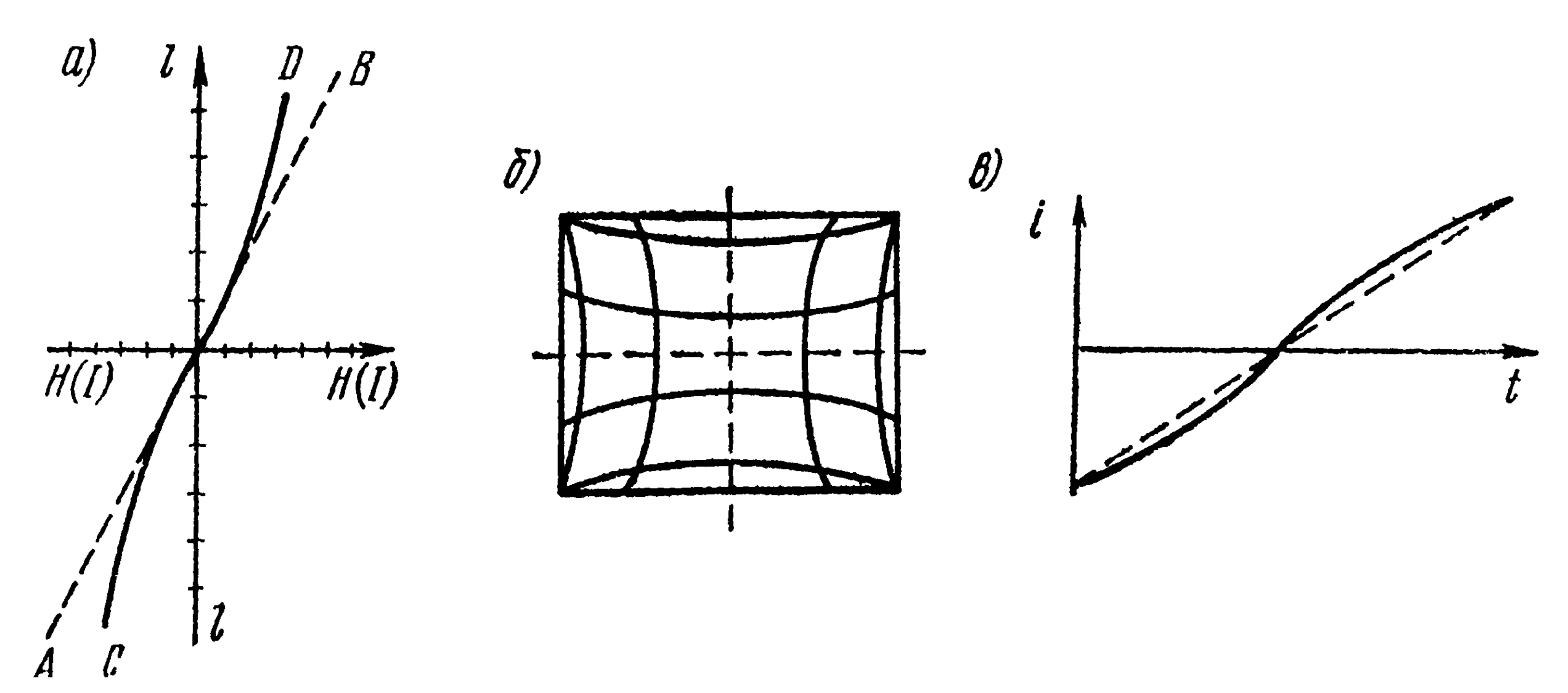


Рис. 9.14. Симметричные искажения изображения:
а) зависимость отклонения луча от напряженности поля при плоском экране; *б*) подушкообразные искажения изображения; *в*) форма отклоняющего тока, компенсирующая симметричные искажения

женности магнитного поля, создаваемой отклоняющим током. Идеальная линейная зависимость изображена прямой *AB*, а реальная — кривой *CD*. Из рисунка видно, что только при небольших значениях отклоняющего тока *I* можно считать отклонение *l* пропорциональным напряженности магнитного поля. Далее же кривая *CD* заметно отклоняется от идеальной линейной зависимости. Это значит, что отклонение луча по экрану кинескопа будет нелинейным даже тогда, когда отклоняющее магнитное поле изменяется линейно во времени. Это, в свою очередь, приведет к тому, что на краях экрана луч будет перемещаться быстрее, чем в центре, и середина изображения будет сжата, а края растянуты. Такие искажения называются симметричными, так как растр оказывается растянутым на краях симметрично относительно центра.

Такие искажения имеются не только по горизонтали, но и по вертикали, и если не принять специальных мер, то появятся подушкообразные искажения растра недопустимой величины (рис. 9.14*б*).

Устранить симметричные искажения можно, если придать пилообразному отклоняющему току специальную S-образную форму (рис. 14*в*). Скорость такого тока будет меньше в начале и в конце прямого хода луча по сравнению с серединой, что позволит скомпенсировать симметричные искажения.

Получение S-образной формы отклоняющего тока в генераторе строчной развертки обеспечивается включением последовательно со строчными отклоняющими катушками емкости $C_к$ (рис. 9.15) такой величины, чтобы она вместе с индуктивностью $L_к$ и частью индуктивности автотрансформатора составляла колебательный контур, настроенный на частоту строчной развертки 15 625 Гц. Тогда первая гармоника пилообразного тока усилится больше остальных и форма отклоняющего тока исказится, т. е. станет S-образной.

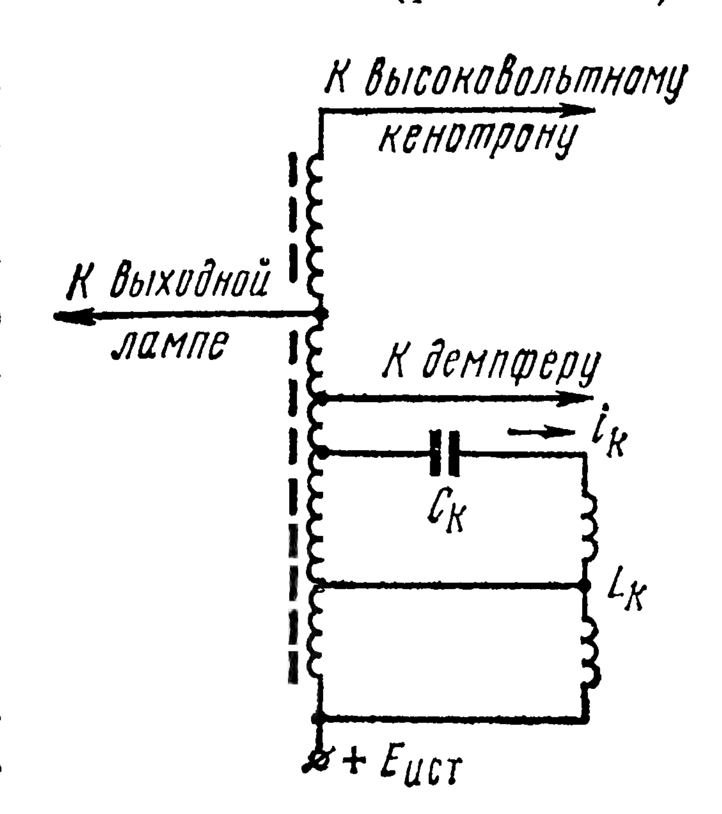


Рис. 9.15. Схема получения отклоняющего тока S-формы

S-образная форма отклоняющего тока в кадровой развертке получается путем придания S-образной формы управляющему напряжению, которое поступает от разрядной цепи. Для этого следует только уменьшать постоянную времени зарядной цепи, что даст к концу прямого хода требуемый загиб пилообразного напряжения, а загиб в начале прямого хода обеспечивается в цепи обратной связи, формирующей напряжение импульсно-параболической формы.

Кроме того, для уменьшения подушкообразных искажений растра в передней части отклоняющей системы устанавливают специальные корректирующие магниты, вращая которые подбирают такую конфигурацию отклоняющего поля, при которой эти искажения сводятся к допустимым.

9.8. Практическая схема выходного каскада строчной развертки для кинескопа с углом отклонения луча 110°

На рис. 9.16 показана практическая схема выходного каскада строчной развертки, применяемая в телевизорах, где используются кинескопы с углом отклонения луча 110° и соотношением сторон 4:5. Известно, что у передаваемого изображения соотношение сторон составляет 3:4. Это обстоятельство приводит к некоторым особенностям данной схемы.

Дело в том, что если на экране с соотношением сторон 4:5 (360×450 мм) попытаться разместить изображение с соотношением сторон 3:4 (рис. 9.17а, незаштрихованная площадь 337,5×450 мм), то часть экрана 22,5 мм (360—337,5 мм) останется неиспользованной (заштрихованная область). Если увеличить высоту изображения на всю площадь экрана, то это приведет к нарушению линейности. При использовании всей высоты экрана (360 мм) можно сохранить правильные геометрические пропорции в передаваемом изображении, но тогда его часть окажется за пределами экрана, так как для формата 4:5 размер по горизонтали должен быть в этом случае 480 мм, а кинескоп имеет размер

450 мм: в результате изображение расположится на заштрихованной площади (рис. 9.17б) и 30 мм его не будет воспроизведено. В этом случае за пределами экрана окажется 1/16 часть (30:480),

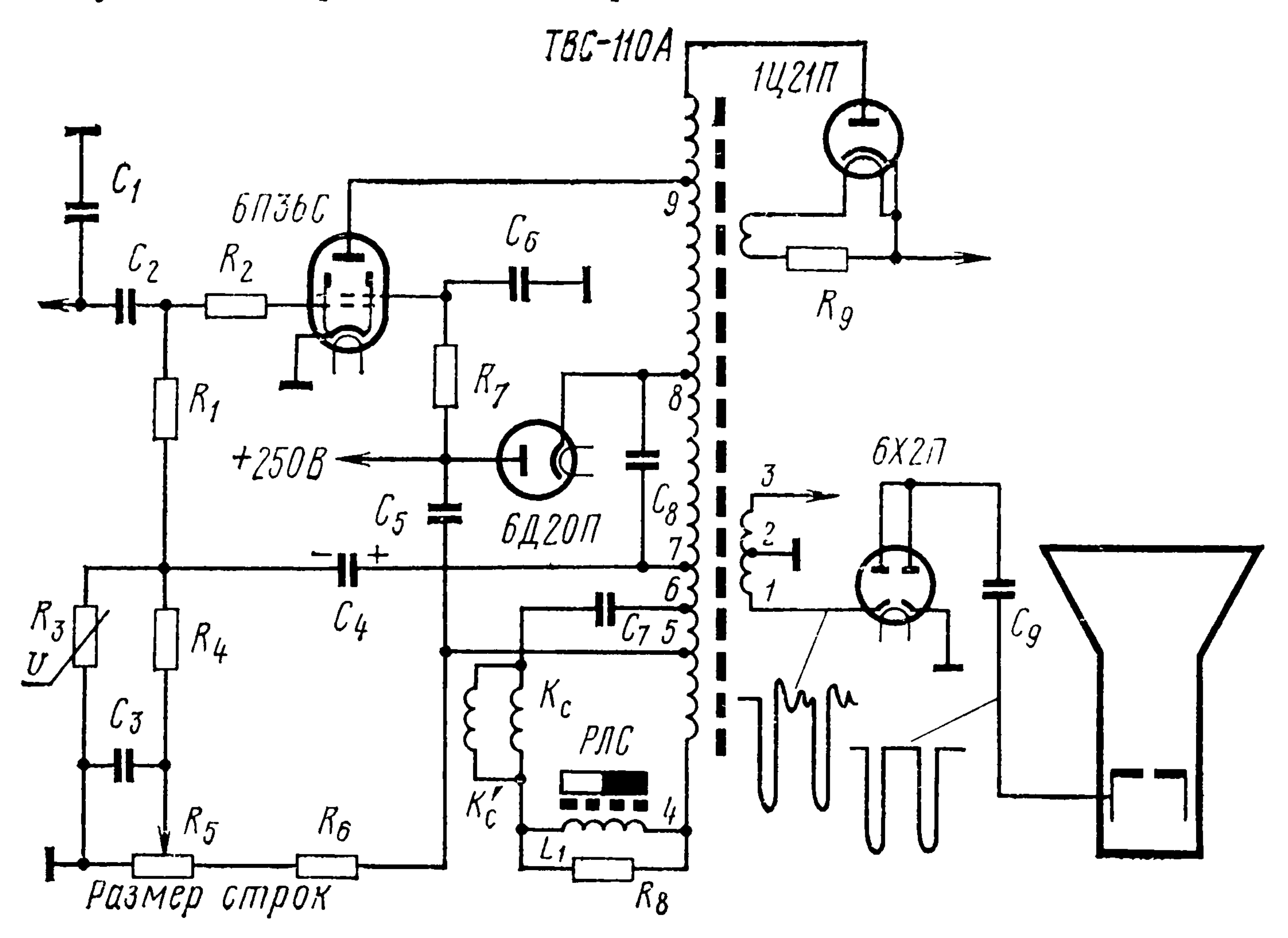


Рис. 9.16. Схема выходного каскада строчной развертки для кинескопа с углом отклонения луча 110° и форматом кадра 4:5

или 6% ширины передаваемого изображения, что не столь существенно.

Вместе с тем на это время можно сократить прямой ход луча, так как изображение не воспроизводится (находится за пределами экрана), а для сохранения неизменным периода развертки увеличить соответственно время обратного хода луча. Это позволит улучшить режим работы выходного каскада, так как импульсы напряжения, возникающие во время обратного хода луча, будут меньше из-за уменьшения скорости спадания тока $\left(E = L\frac{di}{dt}\right)$. Кроме того, упростится конструкция ТВС, снизится мощность рассеяния на аноде выходной лампы и потребляемая мощность, так как во время обратного хода выходная лампа не работает.

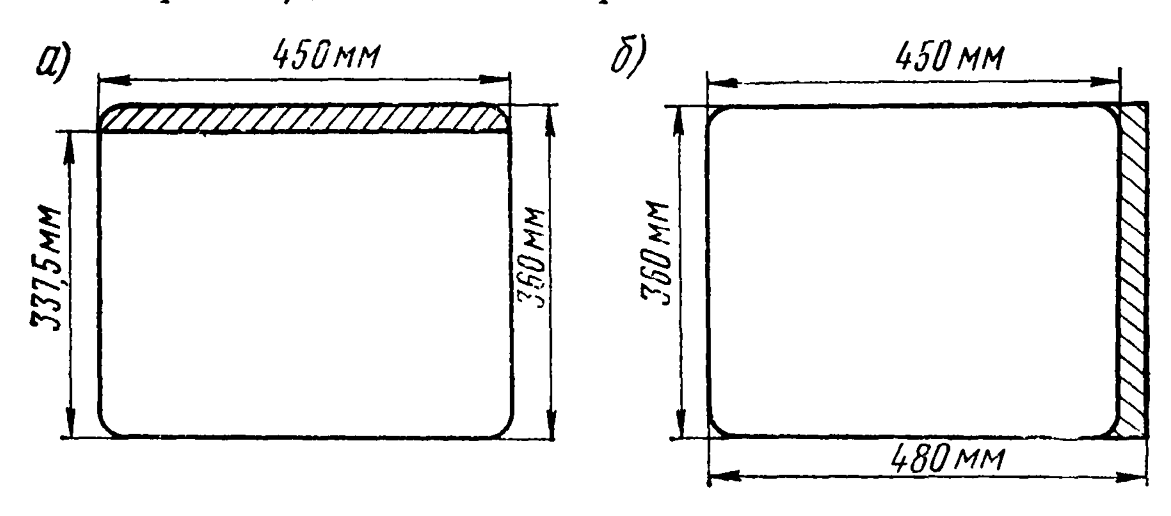


Рис. 9.17. Размещение изображения с форматом кадра 3:4 на экране кинескопа с форматом кадра 4:5

Время обратного хода луча строчной развертки согласно стандарту составляет 14% периода, а в этой схеме оно должно быть равным 22%. Это значит, если при формате 3:4 на прямой ход от-

водится 55 мкс, а на обратный — 9 мкс, то при формате 4:5 прямой ход луча осуществляется за 50 мкс, а обратный — за 14 мкс.

Но в этом случае некоторая часть изображения в начале строки начнет разворачиваться на обратном ходу, так как в это время уже передаются сигналы изображения, которые модулируют электронный луч. Луч в это время движется не слева направо, а наоборот, поскольку он еще не закончил обратный ход, поэтому изображение, прочерченное в обратном направлении развертки, будет создавать впечатление «заворота» в левой части экрана. «Заворот» воспринимается как светлая дымка, так как скорость луча при обратном ходе больше, чем при прямом.

Очевидно, что для устранения данного явления обратный ход на этом участке должен быть тоже невидимым, для чего необходимо увеличивать время действия гасящего импульса. Сделать это на телецентре нельзя, поскольку имеются телевизоры как с форматом кадра 3:4, так и 4:5, поэтому в схемах телевизоров с форматом кадра 4:5 должны создаваться дополнительные гасящие импульсы. Они должны иметь размах порядка 200 В для надежного запирания кинескопа в то время, когда на рассматриваемом участке передается видеосигнал с уровнем белого и импульсы должны иметь крутые фронты, чтобы обеспечить ровные края изображения. Кроме того, они должны располагаться симметрично относительно середины строчного гасящего импульса. Нарушение симметрии может привести к тому, что либо гашение луча слева будет излишним, либо будет дополнительно затемнена часть изображения справа, а в это время не погасится обратный ход и будет видна светлая вертикальная полоса.

Для получения дополнительных импульсов гашения в схеме используются дополнительная обмотка ТВС и диод типа 6Х2П, который помогает формировать импульс отрицательной полярности (см. рис. 9.16). Положительные всплески закрывают диод, не попадая, таким образом, на кинескоп.

В схеме рис. 9.16 выходная лампа соединяется с отклоняющими катушками по автотрансформаторной схеме, причем ТВС-110А рассчитан на большую длительность обратного хода и на подмагничивание его сердечника анодным током. Катушки в ОС-110А имеют параллельное соединение и подключены к выводам обмотки *4—6* через конденсатор C_7 и регулятор линейности симметрично по отношению к шасси. При таком соединении импульсы напряжения, возникающие во время обратного хода луча, оказываются равными по величине и противоположными по знаку, благодаря чему уменьшается излучение помех на частоте свободных колебаний и их гармониках. Конденсатор C_7 (рис. 9.16) устраняет симметричные искажения. Регулировка линейности осуществляется катушкой L_1. Конденсатор C_8, включенный между отводами *7* и *8* ТВС, обеспечивает настройку анодного контура выходного каскада на третью гармонику колебаний обратного хода. При изменении его емкости меняется величина высокого напряжения на аноде кинескопа.

9.9. Стабилизация размера изображения по горизонтали

При использовании кинескопов с большими углами отклонения луча стабилизация размера изображения необходима, так как это создает, во-первых, эксплуатационные удобства телезрителю и, во-вторых, облегчается режим работы выходного каскада. Размер изображения не должен меняться в зависимости от колебаний напряжения питающей сети, прогрева телевизора, старения ламп и деталей блока строчной развертки.

Кроме того, при повышении напряжения сети выходная и демпферная лампы будут защищены от больших импульсов напряжения, возникающих во время обратного хода луча. Стабилизация обеспечивает также постоянство напряжения накала высоковольтного кенотрона.

Имеется два способа стабилизации горизонтального размера: при помощи регулирующей лампы и при помощи варистора.

При использовании для стабилизации регулирующей лампы $Л_1$ (рис. 9.18) напряжение на ее катоде поддерживается постоян-

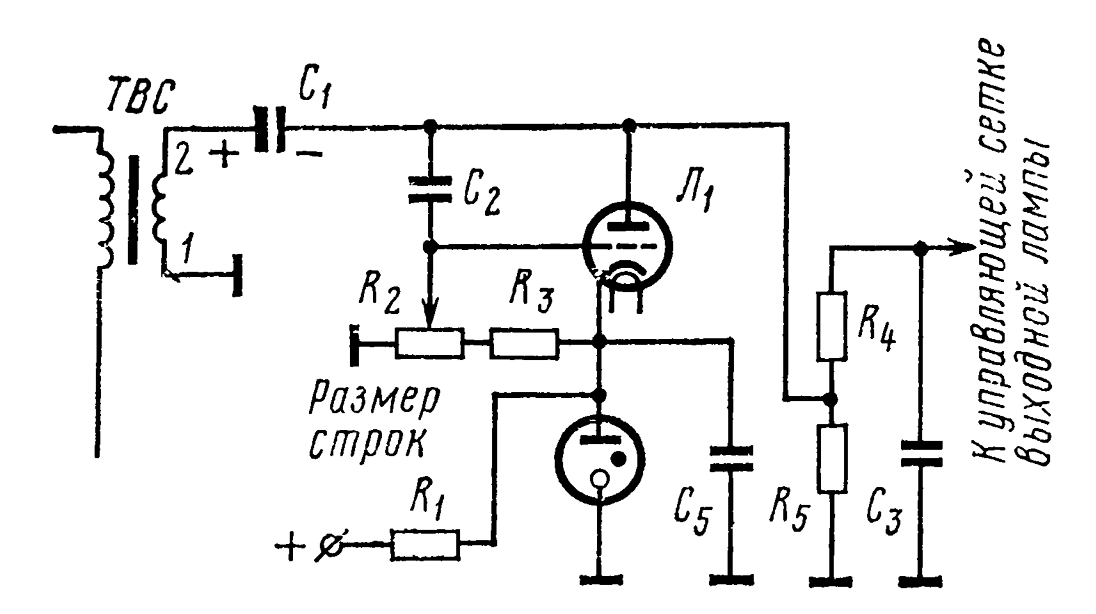


Рис. 9.18. Схема стабилизации размера изображения с помощью регулирующей лампы

ным при помощи стабилитрона. На анод и сетку лампы через переходные конденсаторы C_1 и C_2 с дополнительной обмотки ТВС подаются положительные импульсы обратного хода. Кроме того, на управляющую сетку лампы поступает отрицательное по отношению к ее катоду напряжение с потенциометра R_2 (размер строк).

Напряжение на сетке лампы $Л_1$ меняется в зависимости от амплитуды импульсов обратного хода, и когда они отпирают лампу, в ее анодной цепи возникает ток, заряжающий конденсатор C_1 до величины, соответствующей импульсу обратного хода. Напряжение с конденсатора C_1 подается на сетку выходной лампы в качестве напряжения смещения. При этом обкладка конденсатора C_1, соединенная через фильтр $R_4R_5C_3$ с управляющей сеткой лампы выходного каскада, имеет отрицательный потенциал.

При уменьшении амплитуды импульсов обратного хода из-за изменения напряжения сети, старении ламп и деталей отрицательное напряжение на конденсаторе C_1 и на сетке выходной лампы падает, а ее анодный ток и размер изображения возрастают.

Стабилизация размера изображения и высокого напряжения при помощи варистора осуществляется так: варистор представляет собой полупроводник с нелинейной вольтамперной характеристи-

кой. Это значит, что ток через варистор растет быстрее, чем приложенное к нему напряжение, и поэтому с увеличением напряжения его сопротивление уменьшается.

На варистор R_3 в схеме рис. 9.16 с седьмого отвода ТВС через конденсатор C_4 поступают положительные импульсы напряжения, возникающие при обратном ходе развертки. Сопротивление варистора при больших импульсах напряжения мало, поэтому конденсатор C_4 быстро заряжается минусом к управляющей сетке выходной лампы. В промежутках между импульсами напряжение на варисторе мало, поэтому его сопротивление велико и конденсатор не успевает значительно разрядиться. В результате отрицательное напряжение на конденсаторе и на сетке выходной лампы зависит от амплитуды импульсов обратного хода. Например, при уменьшении напряжения сети импульс обратного хода уменьшается и конденсатор C_4 заряжается соответственно до меньшего напряжения. В результате уменьшения отрицательного смещения анодный ток выходной лампы и размер изображения возрастут.

Варистор (рис. 9.16) через фильтр R_4C_3 подключен к потенциометру R_5, соединенному с конденсатором вольтодобавки C_5. Положительное напряжение с резистора R_5 компенсирует в определенных пределах отрицательное напряжение варистора и позволяет тем самым установить соответствующее смещение на управляющей сетке лампы выходного каскада, а следовательно, требуемый размер изображения. Поэтому резистор R_5 является регулятором *Размер строк.*

9.10. Строчная развертка телевизионного приемника на транзисторах

Схема строчной развертки на транзисторах отличается от ламповой схемы тем, что между задающим и выходным каскадами включается буферный каскад-усилитель, который может состоять из одного или двух каскадов.

Включение буферного усилителя вызывается двумя причинами:

1) мощность задающего генератора, выполненного на транзисторе, очень мала и недостаточна для управления мощным транзистором выходного каскада;

2) выходной транзистор обладает малым входным сопротивлением, так как ток в цепи базы довольно большой. Это входное сопротивление изменяется при колебаниях температуры, поэтому, если задающий генератор будет соединен с выходным каскадом непосредственно, то сопротивление, нагружающее задающий генератор, становится нестабильным. Это, в свою очередь, приводит к нестабильности крутизны фронтов и длительностей импульсов, снимаемых с задающего генератора, что вызывает нестабильность горизонтального размера изображения и его линейности.

Задающий генератор — это обычно блокинг-генератор, так как мультивибратор на транзисторах работает менее стабильно. Бло-

кинг-генератор вырабатывает серию прямоугольных импульсов с частотой строчной развертки. Буферный усилитель усиливает импульсы и придает им определенную форму перед подачей на выходной транзистор строчной развертки. В зависимости от требований к качественным показателям генератора строчной развертки и его мощности в телевизоре может быть несколько буферных каскадов (в большинстве случаев не более двух).

Каскады буферного усилителя обычно собираются по схеме с общим эмиттером, причем необходимое согласование между каскадами осуществляется применением межкаскадных трансформаторов.

Выходной каскад строчной развертки транзисторных телевизоров имеет ряд специфических особенностей по сравнению с аналогичным ламповым каскадом и выполняется по несколько измененной схеме. В ламповых схемах для согласования низкоомных отклоняющих катушек с большим внутренним сопротивлением выходной лампы отклоняющие катушки подключаются через понижающий автотрансформатор. В транзисторных схемах в связи с малым выходным сопротивлением транзистора в режиме насыщения такое согласование не нужно и отклоняющие катушки могут включаться непосредственно в коллекторную цепь транзистора. Однако в практических схемах отклоняющие катушки подключаются тоже через автотрансформатор с коэффициентом трансформации, примерно равным единице, так как с помощью ТВС получаются вспомогательные напряжения, значительно превышающие напряжение источника питания. Кроме того, отклоняющие катушки подсоединяются через разделительный конденсатор для исключения постоянной составляющей тока, которая, протекая по отклоняющим катушкам, вызывает нежелательное смещение растра по горизонтали.

Из-за низкого сопротивления коллекторного перехода строчные отклоняющие катушки в транзисторных схемах имеют значительно меньшее сопротивление и индуктивность по сравнению со строчными катушками ламповых схем. Поэтому для получения нужного времени обратного хода емкость коллекторной цепи выходного транзистора должна быть значительно больше, чем емкость в анодной цепи выходной лампы. В ламповой схеме эта емкость является паразитной, а в транзисторной — подключается специально и имеет бóльшую величину.

Ток в транзисторном выходном каскаде строчной развертки в несколько раз больше, чем ток в выходном каскаде ламповой схемы, но так как сопротивление цепей выходного каскада строчной развертки маленькое, то и напряжение в этих цепях значительно меньше по сравнению с ламповыми схемами. Так, например, размах импульса обратного хода на коллекторе выходного транзистора составляет всего 100—130 В.

В выходном каскаде транзисторной строчной развертки имеются дополнительные цепи, которые обеспечивают получение положительного напряжения 300—600 В для питания ускоряющего и

фокусирующего электродов кинескопа и напряжение 50—100 В для питания коллектора транзистора видеоусилителя. Эти цепи выпрямляют импульсы обратного хода, но не повышают напряжения питания выходного каскада строчной развертки, чем и отличаются от вольтодобавочных цепей ламповых схем.

Для питания второго анода современных кинескопов требуется высоковольтное напряжение порядка 15—18 кВ.

Максимальное импульсное напряжение выходного каскада строчной развертки составляет 100—130 В, поэтому если его использовать для получения высоковольтного напряжения, то коэффициент трансформации ТВС должен быть более 100. Это является основной отличительной особенностью высоковольтного блока транзисторной строчной развертки от соответствующей ламповой схемы, где этот коэффициент составляет 3—5. Коэффициент трансформации 100 приводит к большому числу витков в высоковольтной обмотке ТВС (4000—5000). Поэтому в транзисторных развертках для получения высоковольтного напряжения применяется схема умножения. В качестве кенотрона используется либо ламповый высоковольтный кенотрон, либо несколько полупроводниковых диодов, собранных по схеме умножения.

9.11. Упрощенная схема выходного каскада строчной развертки на транзисторах

Наиболее распространенная схема выходного каскада изображена на рис. 9.19. Принцип ее действия аналогичен принципу действия ламповой схемы.

Двусторонним ключом здесь является транзистор *Т* совместно

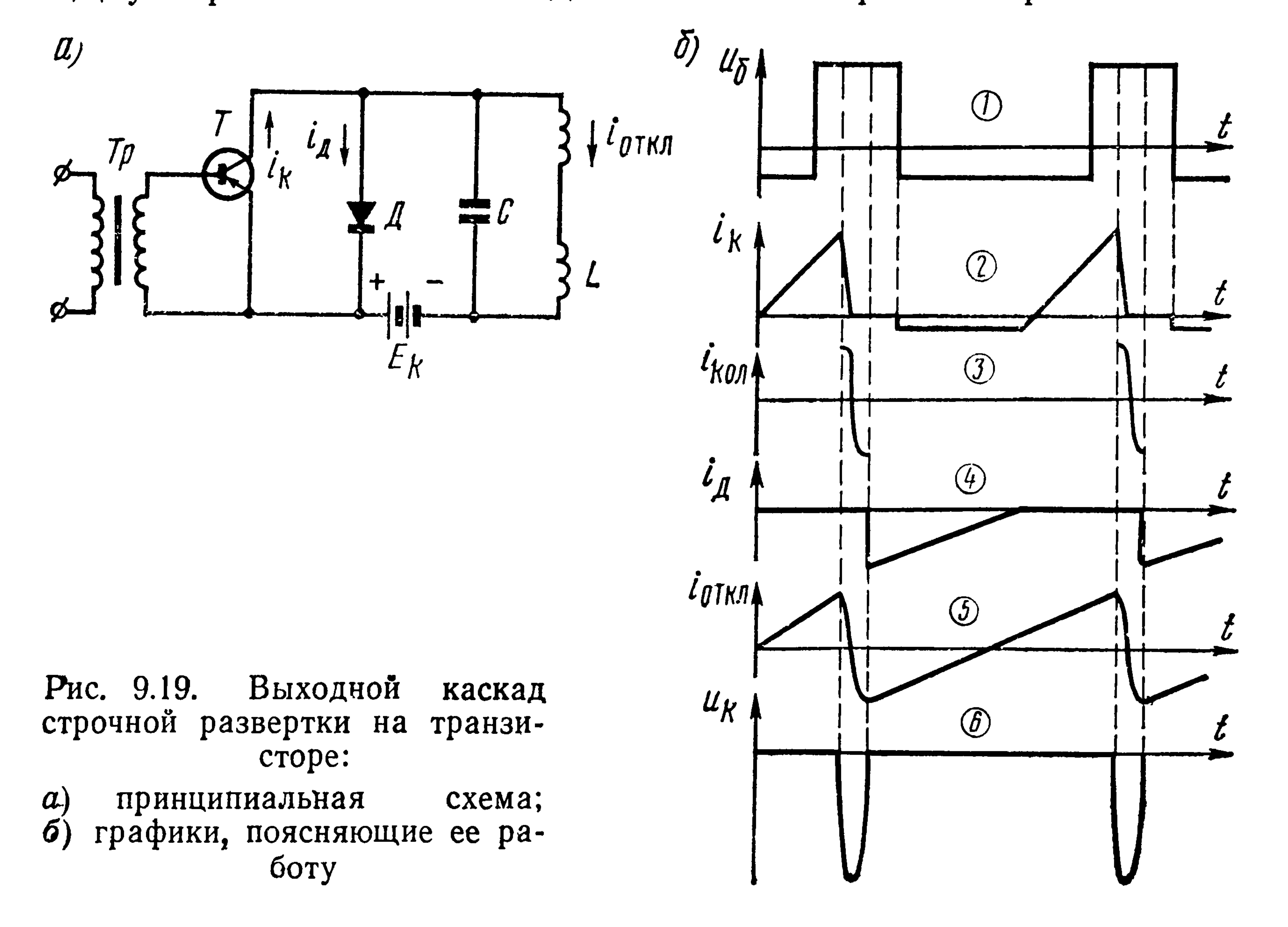


Рис. 9.19. Выходной каскад строчной развертки на транзисторе:
а) принципиальная схема; *б*) графики, поясняющие ее работу

с демпферным полупроводниковым диодом *Д*. Емкость *С*, в отличие от ламповой схемы, не паразитная, а подключается специально, так как от ее величины зависит время обратного хода луча (полупериод собственных колебаний в контуре *LC*).

Трансформатор *Тр* подает в цепь базы транзистора *Т* от предыдущего каскада управляющие импульсы. Благодаря применению переходного трансформатора напряжение $U_б$ на базе транзистора в период между импульсами отрицательно и составляет примерно 10% от входного напряжения возбуждения (рис. 9.19*б*, кривая *1*), поэтому транзистор работает в это время в режиме насыщения. Такой способ подачи напряжения возбуждения на базу выходного транзистора предохраняет его от выхода из строя при уменьшении этого напряжения.

Процессы, протекающие в схеме, иллюстрируются рис. 9.19*б*. Напряжение импульсной формы (рис. 9.19*б*, кривая *1*), действующее на базе транзистора, запирает его только во время обратного хода луча, во время прямого хода сопротивление насыщенного (открытого) транзистора составляет доли ома, поэтому можно считать, что в это время к индуктивности отклоняющих катушек приложено все напряжение источника $E_к$. Известно, что если катушку индуктивности подключить к источнику постоянного напряжения, то в ней образуется линейно нарастающий ток (рис. 9. 19*б*, кривая *2*). Этот ток увеличивается до тех пор, пока в конце прямого хода луча на базе транзистора появится импульс, запирающий транзистор. При этом сопротивление эмиттер — коллектор резко возрастет и в контуре *LC* благодаря накопившейся в индуктивности энергии возникают собственные колебания, осуществляющие за половину своего периода обратный ход луча (рис. 9.19*б*, кривая *3*).

По окончании полупериода собственных колебаний они изменяют свой знак, что приведет к отпиранию диода, который до сих пор был закрыт напряжением источника. Открытым диодом колебательный контур будет зашунтирован, и по катушкам потечет ток прямого хода луча (рис. 9.19*б*, кривая *4*).

На рис. 9.19*б* (кривая *5*) показана форма отклоняющего тока, форма напряжения на коллекторе транзистора показана на рис. 9.19*б* (кривая *6*), из которого видно, что во время обратного хода на коллекторе образуется значительный импульс напряжения, который может привести к пробою промежутка эмиттер — коллектор. Уменьшить этот импульс можно так же, как в ламповых схемах, т. е. использовать резонансную систему, настроенную на третью гармонику частоты обратного хода.

Во многих телевизорах резонансной системой, настраиваемой на третью гармонику частоты обратного хода строчной развертки, является катушка строчного трансформатора, которая предназначена для получения высокого напряжения. Настройка высоковольтной катушки на третью гармонику уменьшает выброс напряжения на коллекторе и в то же время несколько увеличивает его на высоковольтной катушке.

Рассмотрим типовой вариант практической схемы транзистора выходного каскада строчной развертки с углом отклонения луча кинескопа 110° (рис. 9.20).

В этой схеме используется мощный выходной транзистор T_1. Диод $Д_1$ является демпфирующим. Каскад собран по схеме с об-

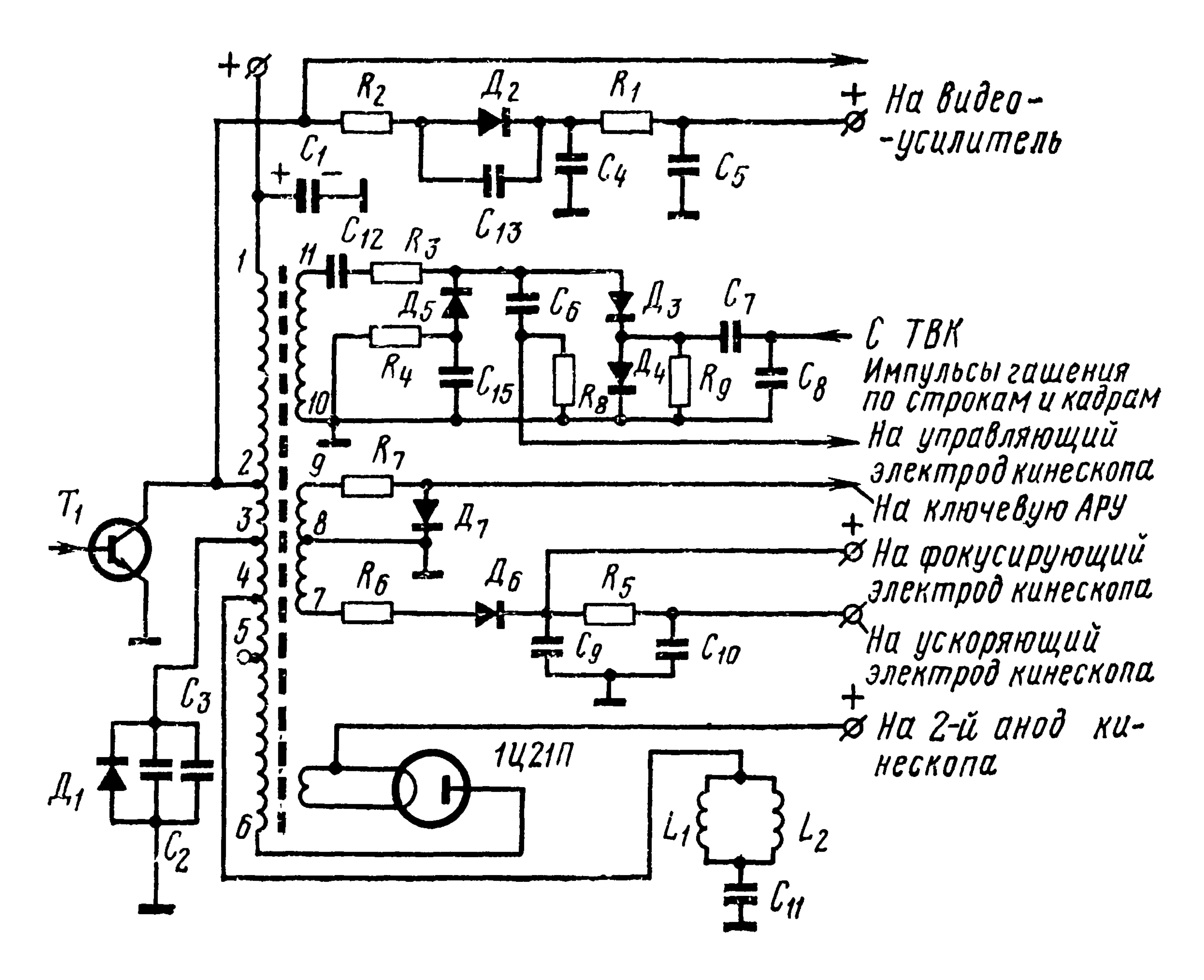


Рис. 9.20. Принципиальная схема строчной развертки на транзисторах

щим эмиттером и нагружен на отклоняющую систему с параллельно соединенными катушками L_1 и L_2 через выходной трансформатор строк.

Постоянную составляющую коллекторного тока не пропускает конденсатор C_{11}, который совместно с отклоняющими катушками образует последовательный резонансный контур, настроенный на первую гармонику строчной частоты, контур позволяет устранить симметричные искажения, свойственные кинескопам с большим углом отклонения луча и плоским экраном. Для получения необходимой длительности обратного хода строчной развертки параллельно демпфирующему диоду подключены конденсаторы C_2 и C_3.

Выходной каскад содержит следующие дополнительные цепи:

1. Отдельный выпрямитель на диоде $Д_2$. Он выпрямляет импульсы обратного хода развертки. Полученное после выпрямления напряжение через фильтр $C_4C_5R_1$ поступает на видеоусилитель. Резистор R_2 предохраняет диод от пробоя большими токами в моменты возникновения импульсов.

2. Схема гашения обратного хода луча. В ней используются диоды $Д_3$ и $Д_4$, которые во время обратного хода

заперты, поэтому отрицательный импульс через конденсатор C_6 проходит на управляющий электрод кинескопа и гасит луч. Во время прямого хода диоды открываются под действием положительного напряжения строчной развертки и ограничивают всплески, имеющие место в начале прямого хода луча. Эта же схема одновременно используется и для гашения обратного хода луча по кадрам. Импульс обратного хода луча, снимаемый с кадровой развертки, подается через делитель из конденсаторов C_7 и C_8 в точку соединения диодов $Д_3$ и $Д_4$. Отрицательная амплитуда импульса обратного хода кадровой развертки открывает диод $Д_3$ и закрывает диод $Д_4$. Через открытый диод $Д_3$ и конденсатор C_6 импульсы гашения попадают на управляющий электрод кинескопа. Положительные всплески напряжения, которые поступают с ТВК вслед за отрицательными (прямой ход), закрывают диод $Д_3$ и открывают диод $Д_4$, через малое сопротивление которого они отводятся на корпус. Диод $Д_5$ ограничивает импульсы обратного хода. В момент появления отрицательного импульса обратного хода диод $Д_5$ открывается и через цепь R_3R_4 шунтирует выходной трансформатор строчной развертки. Чем больше амплитуда импульса, тем больше шунтирующее действие диода.

3. Схема питания ускоряющего и фокусирующего электродов кинескопа. Здесь используется часть обмотки выходного трансформатора между 7 и 8-м выводами. Через диод $Д_6$ и фильтр $C_9R_5C_{10}$ выпрямленное напряжение импульса обратного хода подается на ускоряющий электрод кинескопа. На фокусирующий электрод напряжение поступает непосредственно с диода $Д_6$.

4. Схема получения высоковольтного напряжения. В ней используется выпрямитель на кенотроне 1Ц21П, и она ничем не отличается от обычных ламповых схем. Иногда вместо кенотрона используется селеновый столб типа 5ГЕ-600АФМ. Кроме того, с выходного каскада снимаются импульсы на систему автоматической подстройки частоты и фазы строчной развертки (АПЧиФ) и ключевую систему АРУ.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются особенности работы выходного каскада блока строчной развертки по сравнению с кадровой разверткой?
2. Назначение демпфирующей цепи.
3. Почему в качестве демпфера целесообразно использовать диод?
4. Что такое напряжение «вольтодобавки» и как оно получается?
5. Поясните работу схемы экономичной строчной развертки с обратной связью по питанию.
6. Объясните действие РРС и РЛС.
7. Как получается высокое напряжение для питания анода кинескопа?
8. Перечислите и обоснуйте схемные и конструктивные особенности блока строчной развертки для кинескопов с углом отклонения луча 110°.
9. Почему в строчной развертке для кинескопов с углом отклонения луча 110° форма отклоняющего тока должна быть S-образной?
10. В чем особенности схемы блока строчной развертки для формата кадра 4:5?

11. Как осуществляется стабилизация размера изображения по горизонтали?
12. В чем особенности схем блока строчной развертки на транзисторах?
13. Поясните работу схемы рис. 9. 20.

Глава 10.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ РАЗВЕРТКИ

10. 1. Общие сведения

Основное назначение цепей синхронизации состоит в том, чтобы выделить синхронизирующие импульсы из полного телевизионного сигнала, разделить их на строчные и кадровые, сформировать в виде узких пичков, совпадающих по времени с фронтами или спадами синхроимпульсов, и затем подать в генераторы развертки для управления их частотой.

Выделение сигналов снихронизации может происходить в любой точке между видеодетектором и кинескопом. Чаще всего выделение производят на выходе оконечной усилительной ступени, так как амплитуда сигналов там достаточно велика и нет необходимости в дополнительном их усилении.

Канал синхронизации состоит из амплитудного селектора и двух разделительных фильтров: дифференцирующего — для выделения строчных сигналов синхронизации и интегрирующего — для выделения кадровых сигналов синхронизации. В тех телевизорах, где используется автоматическая подстройка частоты и фазы строчной развертки, применяется еще специальная схема сравнения.

Как указывалось в § 5.3, синхронизирующие импульсы передаются с телецентра в составе полного телевизионного сигнала и располагаются на вершинах гасящих импульсов; они составляют примерно 25% от размаха полного телевизионного сигнала, т. е. передаются в области чернее черного, и поэтому их легко отделить от сигнала изображения обычным амплитудным ограничителем — амплитудным селектором.

10. 2. Амплитудные селекторы

Наиболее применимы в схемах телевизионных приемников амплитудные селекторы на триодах и пентодах с автоматическим сеточным смещением. На рис. 10. 1*а* дана простейшая схема амплитудного селектора на триоде. Основным отличием ее от схемы обычного усилительного каскада является отсутствие начального напряжения смещения, а также наличие делителя напряжения в анодной цепи (R_2, R_3). С помощью этого делителя снижается напряжение на аноде лампы и поэтому уменьшается раствор ее

анодно-сеточной характеристики[1]). Это необходимо для того, чтобы сигнал синхронизации хорошо отделялся от сигналов изображения.

Полный телевизионный сигнал с выхода видеоусилителя поступает на управляющую сетку лампы селектора в положительной полярности. Так как амплитуда синхроимпульсов на 25% превы-

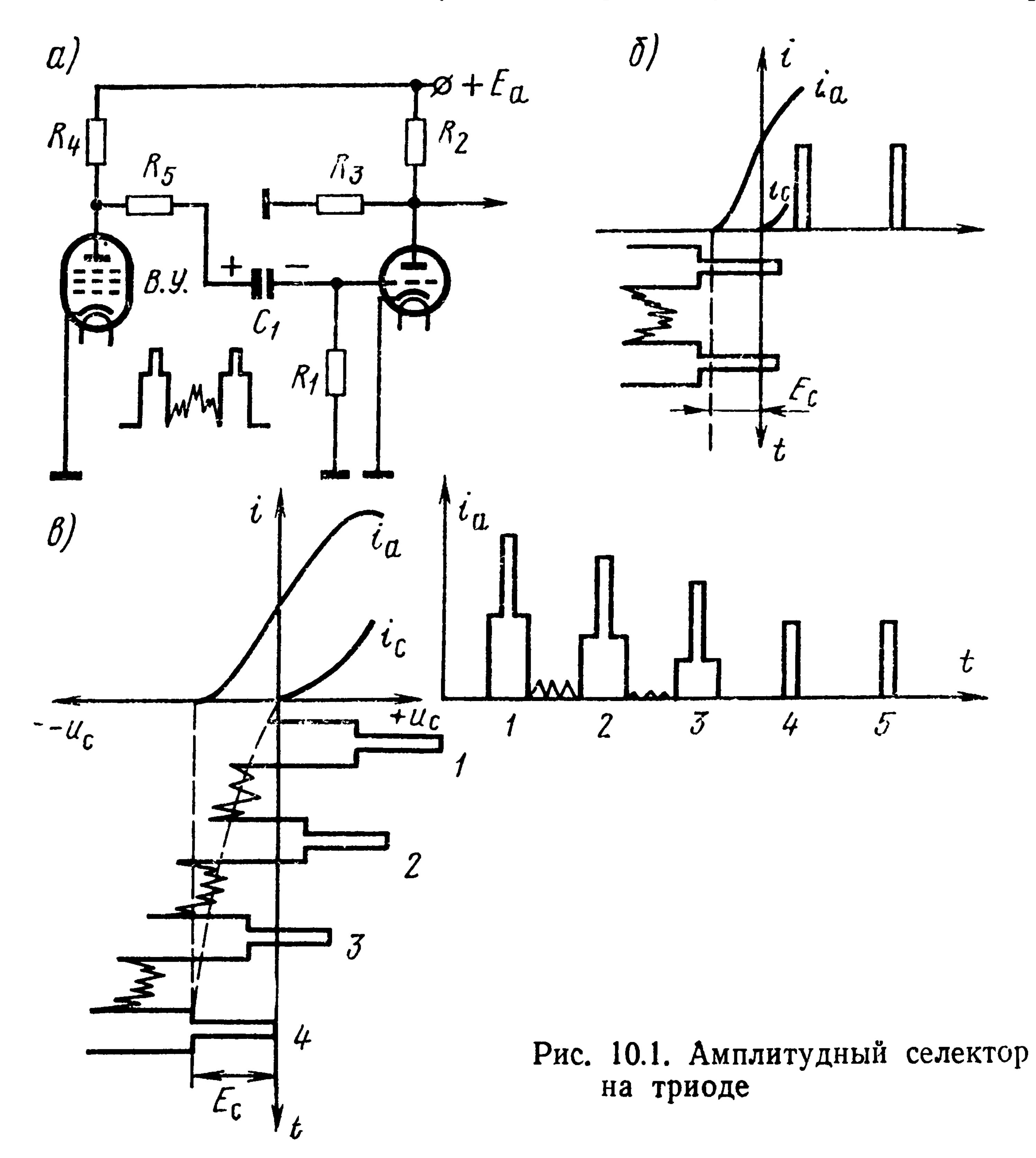


Рис. 10.1. Амплитудный селектор на триоде

шает уровень гасящих импульсов, которые, в свою очередь, имеют несколько бо́льшую амплитуду, чем видеосигналы, соответствующие самым темным частям изображения, то при низком анодном напряжении и наличии на управляющей сетке отрицательного напряжения определенной величины лампа заперта для сигналов изображения и гасящих импульсов, а для импульсов синхронизации — открыта (рис. 10.1*б*).

Рассмотрим работу схемы. В момент включения смещение на сетке лампы амплитудного селектора равно нулю и сеточный ток, вызванный видеосигналом положительной полярности, заряжает

---

[1]) Под раствором характеристики понимается разница напряжений на сетке от нуля до напряжения отсечки.

конденсатор C_1. Сеточный ток проходит по цепи: сетка — катод лампы, источник питания, резистор анодной нагрузки видеоусилителя R_4, резистор R_5, конденсатор C_1. При этом конденсатор C_1 заряжается таким образом, что на сетке образуется отрицательное напряжение смещения (рис. 10.1*в*). Увеличение напряжения смещения происходит до тех пор, пока не наступит равновесное состояние, при котором разряд конденсатора C_1 за время отсутствия синхроимпульсов через резистор R_5, видеоусилитель и резистор R_1 компенсируется дополнительным зарядом за счет сеточного тока во время действия синхроимпульсов.

Резистор R_1 имеет большое сопротивление, поэтому напряжение на сетке лампы в интервале между синхроимпульсами практически не меняется и держит лампу запертой. Она открывается только импульсами синхронизации. Этому способствует также и то, что за счет низкого анодного напряжения (30—40 В) раствор характеристики мал. В результате сигналы изображения и гасящие импульсы находятся в области отсечки анодного тока, а в анодную цепь лампы проходят только сигналы синхронизации (рис. 10.1*в*, импульсы *4* и *5*). При увеличении амплитуды сигнала сеточный ток возрастет, в результате чего увеличится отрицательное смещение и рабочая точка сместится влево. С уменьшением приходящего сигнала отрицательное напряжение на сетке уменьшается за счет разряда конденсатора C_1 на сопротивлении резистора R_1 до тех пор, пока вершины синхроимпульсов не попадут вновь на границу возникновения сеточного тока. Это значит, что в амплитудном селекторе происходит так называемая «привязка» синхроимпульсов к нулевому уровню, т. е. вершины синхроимпульсов располагаются на линии нулевого смещения, а весь видеосигнал сдвигается в область отрицательных напряжений на сетке. Этим достигается ограничение амплитуды синхроимпульсов сверху и снизу.

Следует иметь в виду, что уменьшение уровня входного сигнала не вызывает нарушения синхронизации лишь до тех пор, пока амплитуда синхроимпульсов не станет меньше раствора сеточной характеристики, так как в противном случае (при малом смещении) гасящие импульсы и видеосигнал тоже пройдут через амплитудный селектор (рис. 10.1*в*, импульсы *1*, *2*, *3*), что приведет к нарушению частоты задающего генератора, а следовательно, к нарушению синхронизации.

Амплитудный селектор на триоде имеет следующие недостатки:

1. У триода большая проходная емкость, через которую высокочастотные составляющие видеосигнала могут пройти на выход амплитудного селектора и нарушить синхронизацию.

2. У триода большая входная емкость, которая действует параллельно нагрузке видеоусилителя и приводит к искажению фронта синхроимпульсов.

3. Нужный раствор анодно-сеточной характеристики у триода можно получить только изменением напряжения на его аноде.

Эти недостатки легко устраняются, если заменить триод пентодом. Амплитудный селектор на пентоде работает аналогично рассмотренному селектору на триоде, но у пентода проходная емкость значительно меньше, поэтому попадание через нее видеосигнала в анодную цепь менее вероятно. Входная емкость пентода тоже мала и, следовательно, она меньше искажает фронт синхроимпульсов.

Нужный раствор анодно-сеточной характеристики можно получить не только за счет низкого напряжения на аноде, но и подбором соответствующего напряжения на экранирующей сетке пентода, и, кроме того, пентод не только обеспечивает выделение, но и производит большее усиление синхроимпульсов.

10.3. Влияние импульсных помех на синхронизацию

Видеосигнал, проходя от телецентра до телевизионного приемника, подвергается воздействию импульсных помех, которые поразному сказываются на видеосигнале и на синхронизации. Импульсные помехи, попадая вместе с сигналом на управляющий электрод кинескопа, создают на изображении характерные точки и вспышки. Однако если при этом синхронизация не нарушена, то изображение смотреть можно даже при больших помехах. Если же нарушается синхронизация, то даже при малых помехах в канале видеосигнала изображение невозможно видеть из-за «выбивания» отдельных строк или целой группы строк, что приводит к разрывам изображения в горизонтальном направлении. Поэтому в схеме амплитудного селектора ставят специальную цепочку, которая повышает его помехоустойчивость.

Рассмотрим типичный случай, когда импульсные помехи имеют большую амплитуду и заходят в область синхроимпульсов (рис. 10.2). Эти помехи выделяются вместе с синхроимпульсами и, попадая на задающий генератор развертки, нарушают его синхронизацию. Если помеха еще и превышает уровень синхроимпульсов, как это показано на рисунке, то создается дополнительное автоматическое смещение в цепи сетки и нарушается нормальный режим работы селектора. Как видно из рис. 10.2, при появлении импульсной помехи значительно увеличивается сеточный ток, что приводит к увеличению отрицательного напряжения смещения. Это смещение запирает лампу, и несколько строчных синхроимпульсов (импульсы *3*, *4*, *5*) не попадают в анодную цепь амплитудного селектора, в результате чего синхронизация нарушается. Теперь потребуется некоторое время, пока сеточный конденсатор C_1 разрядится через резистор утечки R_1 и синхроимпульсы на выходе амплитудного селектора достигнут необходимой величины.

За время отсутствия синхроимпульсов задающий генератор может значительно изменить свою частоту и фазу. Причем из-за малой длительности импульсных помех они легче проходят через дифференцирующую цепь, чем через интегрирующую, которая выделяет кадровые сигналы синхронизации, поэтому импульсные по-

мехи малой длительности нарушают, главным образом, строчную синхронизацию.

Есть ряд способов, повышающих помехоустойчивость амплитудного селектора. Наиболее распространена схема, изображенная

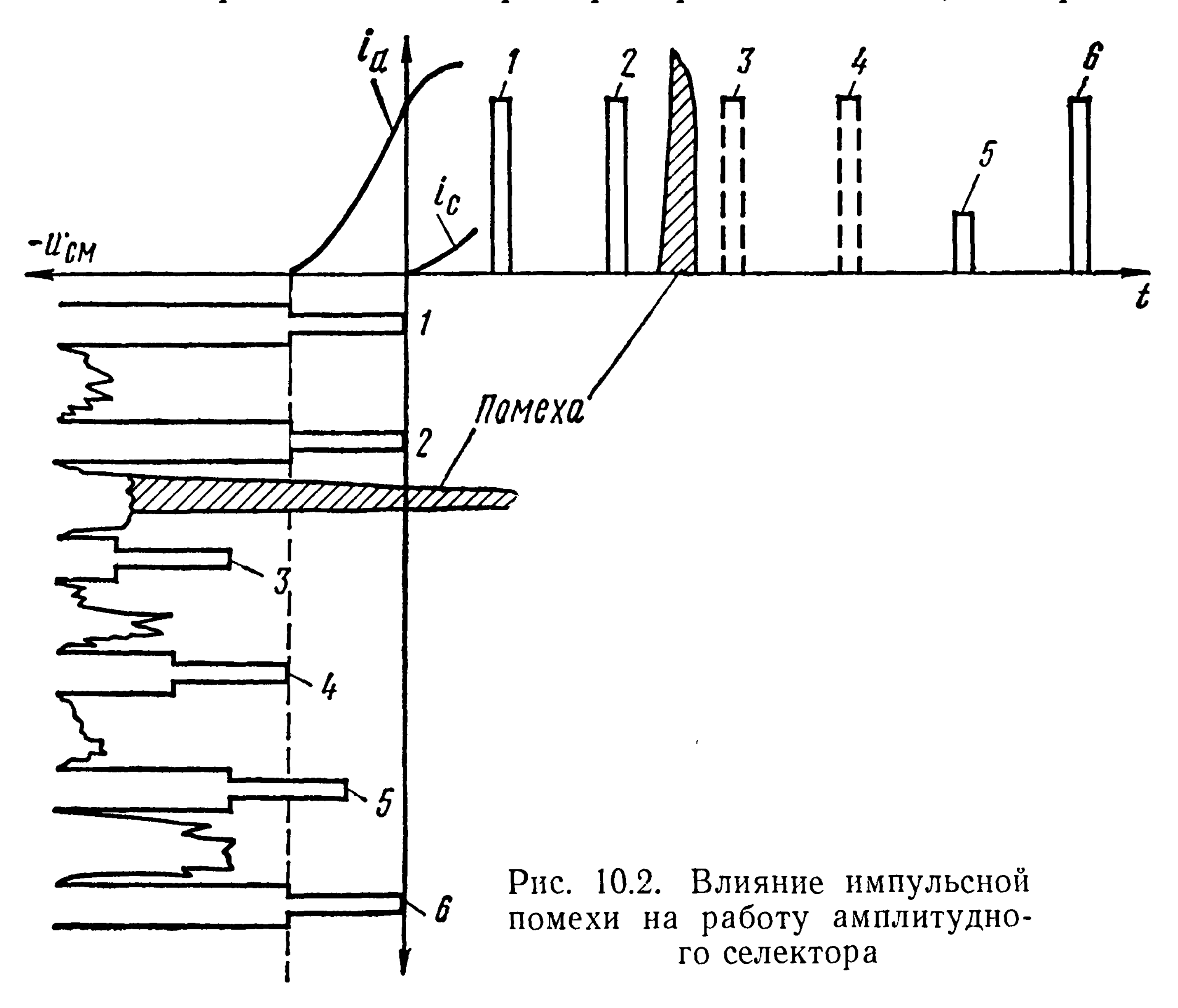


Рис. 10.2. Влияние импульсной помехи на работу амплитудного селектора

на рис. 10.3. В ней амплитудный селектор собран на пентоде. В сеточную цепь включается дополнительная цепочка C_2R_2, поглощающая помеху. Для этого надо, чтобы емкость конденсатора C_2 была бы много меньше емкости переходного конденсатора C_1 и, кроме того, постоянная времени цепочки C_2R_2 должна быть меньше длительности периода строчной развертки $H=64$ мкс, т. е. $C_2R_2=$ $=(0{,}2—0{,}5)H=12—30$ мкс. Обычно в практических схемах $C_2=$ $=200—300$ пФ, $R_2=200—300$ кОм, в то время как $C_1=0{,}05$ мкФ. $R_1=$ $1{,}5\div2$ МОм.

Рассмотрим действие цепочки C_2R_2. С появлением кратковременного положительного импульса помехи в схеме возникает сеточный ток, который будет заряжать конденсаторы C_1 и C_2, причем в основном происходит заряд конденсатора меньшей емкости C_2.

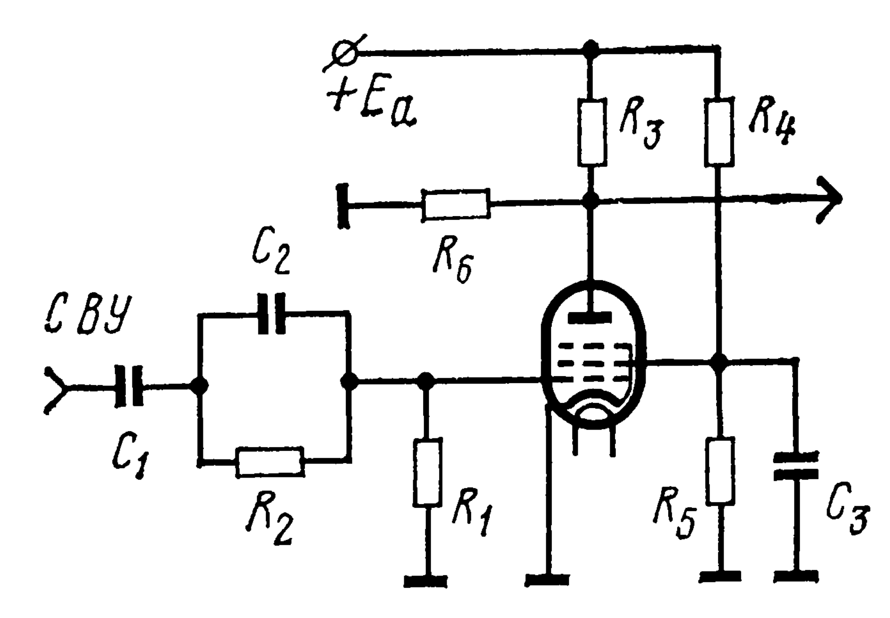


Рис. 10.3. Схема помехоустойчивого амплитудного селектора

Конденсатор C_1 успевает зарядиться за время действия помехи

лишь на сотые доли ее амплитуды, а это значит, что напряжение смещения на резисторе R_1 практически не изменится. Теперь для того, чтобы напряжение на конденсаторе C_2 не оказывало влияния на работу селектора, необходимо, чтобы конденсатор C_2 в течение части строчного периода разрядился на резистор R_2; это и произойдет, так как постоянная времени цепи C_2R_2 выбрана малой.

Рассмотренная цепочка не полностью устраняет импульсы помех, и они появляются в анодной цепи амплитудного селектора вместе с синхроимпульсами, поэтому генератор строчной развертки требует дополнительной защиты от воздействия кратковременных помех. Такая защита осуществляется применением инерционной синхронизации с автоподстройкой частоты и фазы строчной развертки.

10.4. Разделение импульсов синхронизации

Синхросигнал, снимаемый с анодной нагрузки амплитудного селектора, представляет собой смесь импульсов строчной и кадровой частоты. Для обеспечения устойчивой и правильной синхронизации генераторов разверток эти импульсы надо разделить на строчные и кадровые. Если не будет точного разделения импульсов и на сетку кадрового блокинг-генератора вместе с кадровыми синхроимпульсами попадут строчные, то это может вызвать несвоевременное срабатывание лампы кадрового блокинг-генератора. Чересстрочность развертки будет периодически нарушаться и появится дрожание кадра по вертикали. Если же кадровый синхроимпульс проникнет в сеточную цепь строчного блокинг-генератора, то этим нарушит строчную синхронизацию у целой группы строк (обычно в верхней части изображения).

По стандарту длительность строчного синхронизирующего импульса составляет 5,1 мкс, длительность кадрового — 192 мкс, т. е. разница в длительностях составляет 37,5 раза. Такая значительная разница позволяет легко разделить импульсы между собой с помощью схем, реагирующих не на амплитуду, а на длительность поступающих на них импульсов, тем более, что амплитуда строчных и кадровых импульсов одинакова. В качестве схем разделения используются так называемые интегрирующие и дифференцирующие цепочки.

10.5. Работа интегрирующей цепи

Интегрирующая цепочка предназначена для выделения кадрового сигнала синхронизации. Ее задачей является надежное подавление строчных синхроимпульсов и выделение кадровых синхроимпульсов с крутым фронтом. Первое требование объясняется тем, что работа задающего генератора кадровой развертки должна управляться только импульсами кадровой синхронизации, так как попадание строчных синхроимпульсов будет нарушать частоту генератора и устойчивость изображения по кадрам будет отсутствовать (рис. 10.4*а*).

Второе требование также объясняется необходимостью надежной синхронизации задающего генератора синхроимпульсами и обеспечением точной чересстрочной развертки. Это требование может быть выполнено только импульсом с крутым фронтом, когда

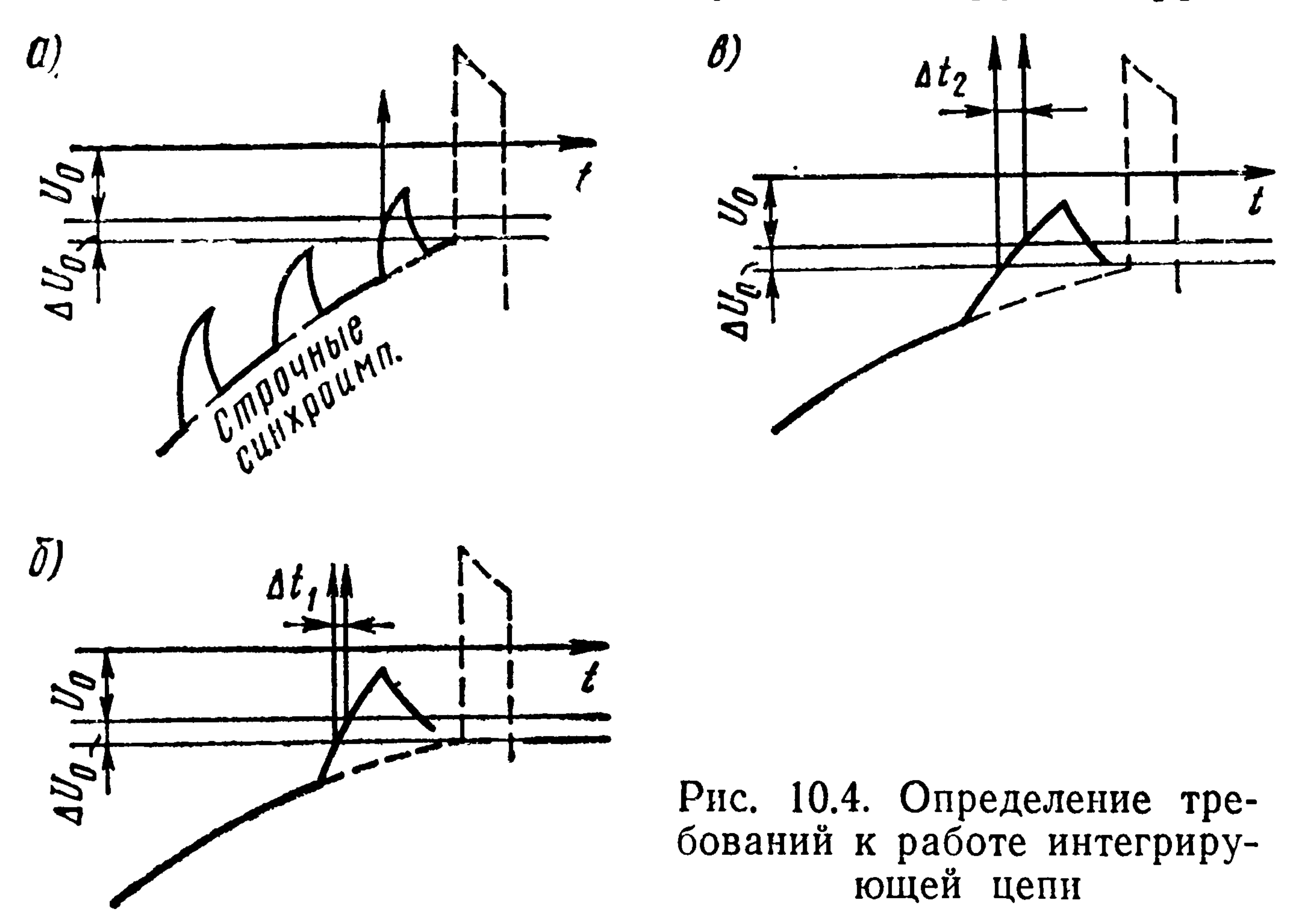


Рис. 10.4. Определение требований к работе интегрирующей цепи

отпирание лампы задающего генератора будет происходить в определенный момент времени Δt_1 (рис. 10.4*б*), а не в течение времени действия пологого фронта импульса (Δt_2) (рис. 10.4*в*).

Интегрирующая цепочка представляет собой *RC*-фильтр, в котором выходное напряжение снимается с конденсатора *C* (рис. 10.5*а*). На вход схемы с амплитудного селектора подаются прямоугольные импульсы двух видов: *1* — узкий (строчной сигнал

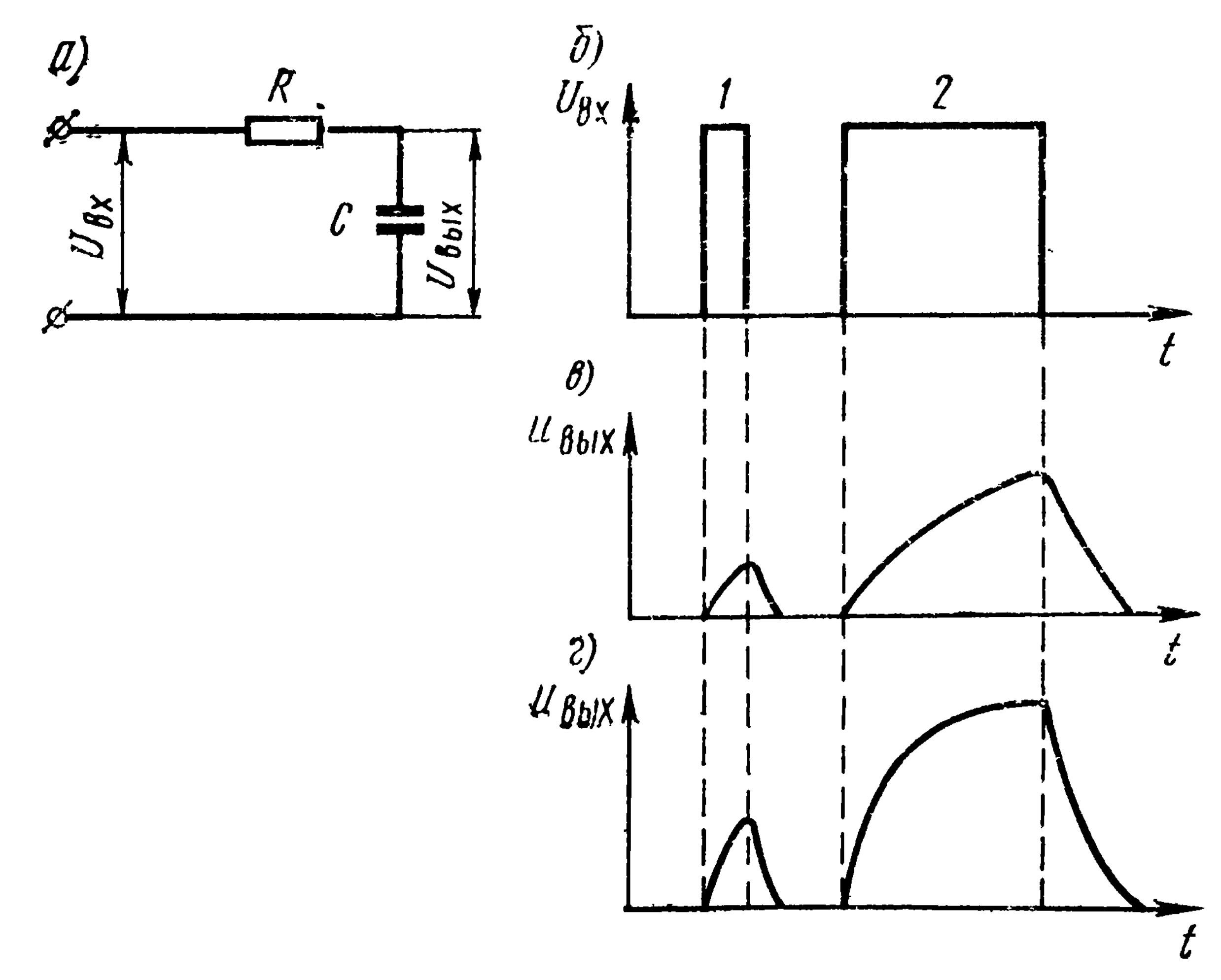


Рис. 10.5. Интегрирующий фильтр:

а) принципиальная схема; *б*), *в*), *г*) графики, поясняющие ее работу

синхронизации) и *2* — широкий (кадровый сигнал синхронизации) (рис. 10.5*б*). Эти импульсы заряжают конденсатор *C* через резистор *R* по экспоненциальному закону, причем амплитуда выходных импульсов будет зависеть от их длительности: она будет тем меньше, чем меньше длительность импульса. Таким образом, разница в длительностях превращается в разницу амплитуд. После прекращения действия импульса конденсатор разряжается на резистор также по экспоненциальному закону.

Степень подавления строчных синхроимпульсов зависит от соотношения постоянной времени цепи $\tau=RC$ и времени действия этих импульсов. Могут быть два случая: когда постоянная времени τ мала и когда она имеет большую величину. Очевидно, что чем больше постоянная времени цепи, тем до меньшей амплитуды успевает зарядиться конденсатор за время действия строчных синхроимпульсов (рис. 10.5*в*).

Это значит, что для надежного подавления строчных синхроимпульсов постоянную времени интегрирующей цепи надо брать большой. Однако при этом конденсатор будет также медленно заряжаться и от кадрового синхроимпульса, в результате чего уменьшится крутизна его фронта, а это, в свою очередь, приведет к неустойчивой кадровой синхронизации и нарушению чересстрочной развертки.

При малой постоянной времени конденсатор быстро заряжается (рис. 10.5*г*) и крутизна фронта кадрового синхроимпульса возрастает, но вместе с этим возрастает и амплитуда строчного синхроимпульса. Таким образом, не осуществится надежное разделение сигналов синхронизации, а в этом случае возникнет возможность отпирания лампы кадрового блокинг-генератора недостаточно подавленными строчными синхроимпульсами (рис. 10.4*а*).

В практических схемах постоянная времени интегрирующей цепи составляет 40—50 мкс, т. е. превосходит длительность строчного синхроимпульса в 8—10 раз. Но даже при таком значении однозвенный интегрирующий фильтр не может одновременно выполнить две задачи: в достаточной степени ослабить импульсы строчной синхронизации и выделить кадровый синхроимпульс с крутым фронтом. Поэтому в схемах телевизоров применяются интегрирующие цепочки, состоящие из двух звеньев.

Схема двухзвенной интегрирующей цепи и графики, поясняющие ее работу, показаны на рис. 10.6*а*, *б*. Параметры *R* и *C* каждого звена обычно выбираются одинаковыми. Такая цепочка при правильном значении τ обеспечивает, главным образом, значительно лучшее подавление строчных синхроимпульсов (в 20 раз, а в однозвенной цепи в 8 раз) при достаточной крутизне фронта кадровых синхроимпульсов.

Достоинством интегрирующей цепи для выделения кадрового синхроимпульса является ее устойчивость к воздействию кратковременных импульсных помех, которые не могут зарядить конденсатор до значительного напряжения, а следовательно, нарушить работу генератора кадровой развертки. Очевидно, что воздействие

кратковременных помех тем меньше, чем больше постоянная времени цепи.

Недостатком интегрирующей цепи является то, что кадровый синхроимпульс имеет сравнительно пологий фронт. Поэтому в ряде схем телевизоров для выделения кадрового сигнала синхрониза-

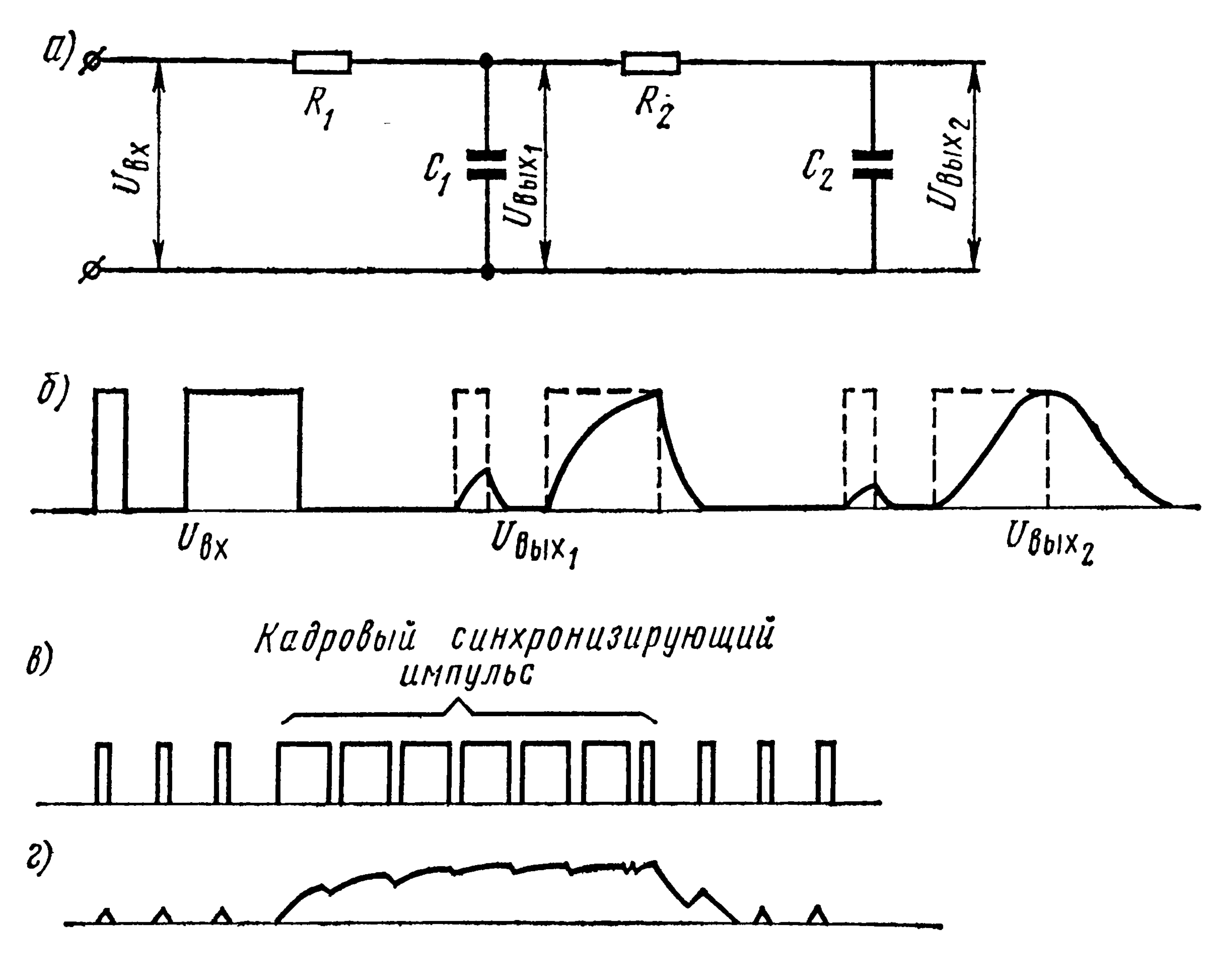


Рис. 10.6. Двухзвенная интегрируюущая цепь

ции используют метод интегрирования с последующим дифференцированием, который будет рассмотрен ниже.

Следует отметить, что для упрощения рассмотрения работы интегрирующей цепи кадровый синхроимпульс показывался сплошным. На самом деле, он, как известно, прорезан шестью строчными импульсами (рис. 10.6*в*), поэтому реальная форма импульса на выходе интегрирующей цепи имеет вид рис. 10.6*г*.

10.6. Работа дифференцирующей цепи

Назначением дифференцирующей цепи является бесперебойное выделение импульсов строчной синхронизации, действующих не только со строчной частотой, но и с двойной частотой строк. К дифференцирующей цепи предъявляются те же требования, что и к интегрирующей.

Дифференцирующая цепь представляет собой фильтр *RC*, причем выходное напряжение снимается с резистора *R* (рис. 10.7*а*).

Рассмотрим принцип действия дифференцирующей цепи. При подаче на вход цепи импульсов синхронизации напряжение на резисторе в каждый момент времени представляет собой разность

между напряжением импульса и тем напряжением, до которого зарядился конденсатор (рис. 10.7*б*).

В начальный момент времени t_1 ток в цепи определяется только сопротивлением резистора R, так как сопротивление конденсатора C еще равно нулю, поэтому все входное напряжение прикла-

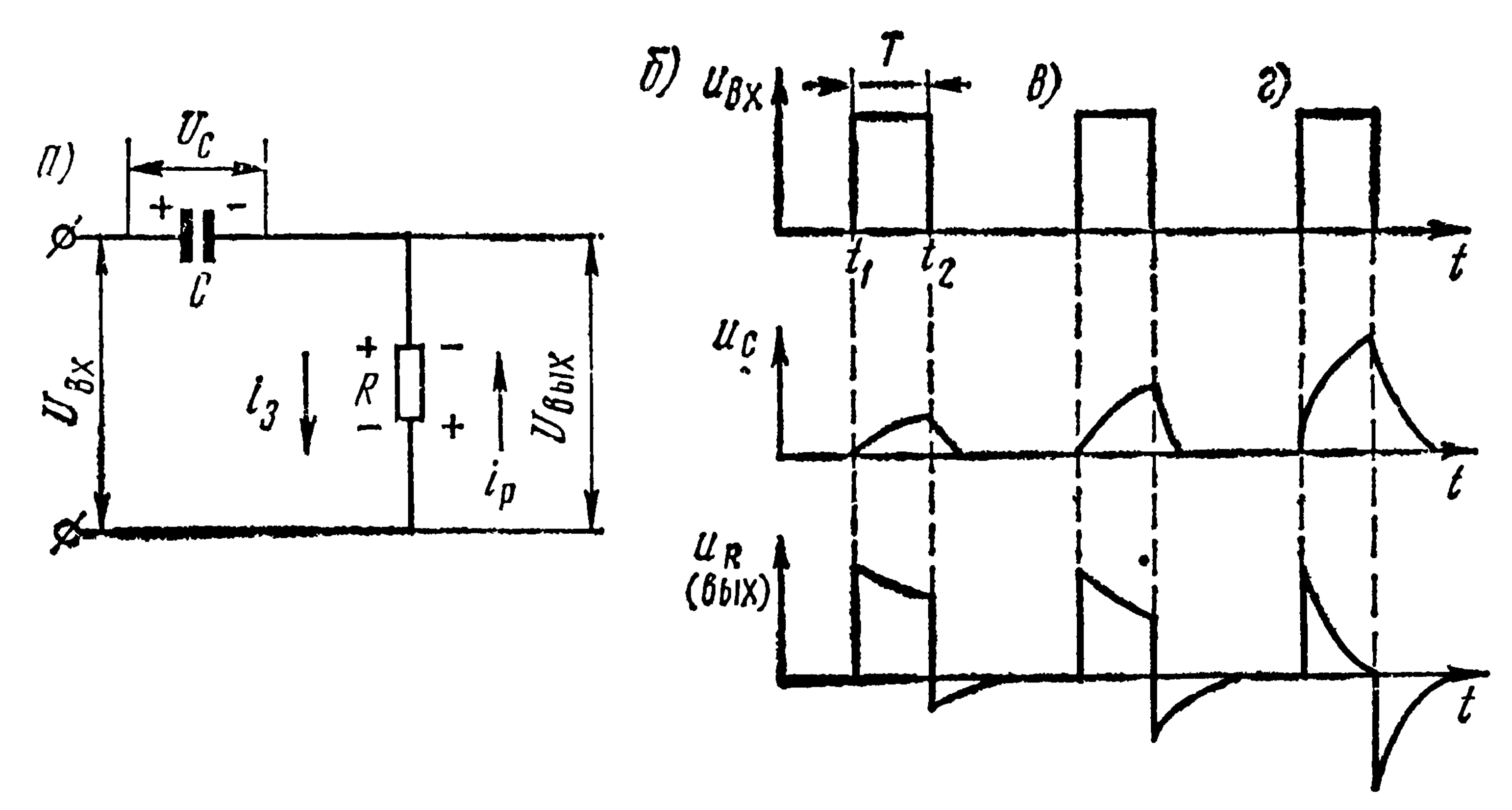


Рис. 10.7. Дифференцирующий фильтр и графики, поясняющие его работу

дывается к резистору R. Во время действия импульса (t_1—t_2) конденсатор заряжается и напряжение на резисторе R ($u_{вых}$) уменьшается, так как происходит перераспределение напряжения между резистором R и конденсатором C.

Во время t_2 импульс на входе прекращается и источником напряжения цепи является только энергия, запасенная в конденсаторе, поэтому напряжение на резисторе R в данный момент времени равно напряжению на конденсаторе. Конденсатор будет разряжаться на резистор, направление тока разряда изменится, поэтому полярность выходного напряжения получается противоположной полярности, созданной на резисторе во время заряда конденсатора.

Таким образом, при подаче на вход дифференцирующей цепи прямоугольного импульса на выходе получаются остроконечные положительные и отрицательные пички напряжения, соответствующие фронту и спаду импульса. Однако форма выходного напряжения в сильной степени зависит от соотношения постоянной времени дифференцирующей цепи τ и времени действия импульса T. Здесь возможны три случая, которые поясняются рис. 10.7*б, в, г*.

1. Постоянная времени $\tau \gg T$. Напомним, что постоянная времени цепи RC определяется временем, которое необходимо конденсатору для накопления 63% своего конечного заряда, или (в случае разряда) временем, необходимым конденсатору для потери 63% своего заряда. В данном случае, когда $\tau \gg T$, конденсатор практически не успеет зарядиться и форма напряжения на выходе останется почти такой же, как на его входе (рис. 10.7*б*). На практике такой случай встречается в переходных цепях между каскадами.

2. Постоянная времени дифференцирующей цепи $\tau \approx T$. В этом случае конденсатор успевает зарядиться до напряжения, величина которого составляет приблизительно 63% от амплитуды поступающего на вход импульса. Форма напряжения на резисторе ($u_{\text{вых}} = u_{\text{вх}} - u_{\text{c}}$) искажается — проваливается плоская часть импульса — вершина. По окончании действия импульса происходит разряд конденсатора на резистор, а так как ток разряда противоположен току заряда, то на резисторе R образуется импульс напряжения обратной полярности (рис. 10.7*в*).

Такой случай был использован в выходном каскаде кадровой развертки с трансформаторным выходом для формирования напряжения импульсно-параболической формы (гл. 8, § 8.7).

3. Постоянная времени цепи $\tau \ll T$. В этом случае конденсатор заряжается практически мгновенно и на резисторе образуется узкий пичок напряжения. По окончании действия импульса происходит быстрый разряд конденсатора и на резисторе образуется пичок напряжения обратной полярности (рис. 10.7*г*). Положительный пичок совпадает с фронтом импульса, а отрицательный — со спадом.

Применение дифференцирующего фильтра с большой τ невозможно в связи с тем, что в этом случае не воспроизводятся те строчные синхроимпульсы, которые прорезают кадровый сигнал синхронизации (рис. 10. 8*а*). В самом деле, конденсатор C во время действия полукадрового синхроимпульса постепенно зарядится до амплитудного значения приложенного импульса, незначительно разряжаясь во время действия «врезок» двойной строчной частоты (рис. 10. 8*б*). Поэтому к концу действия полукадрового синхроимпульса получается «провал» строчных синхроимпульсов (рис. 10.8*в*), и некоторое их число не будет участвовать в синхронизации строчной развертки, что приведет к подергиванию строк или нарушению строчной синхронизации в верхней части изображения.

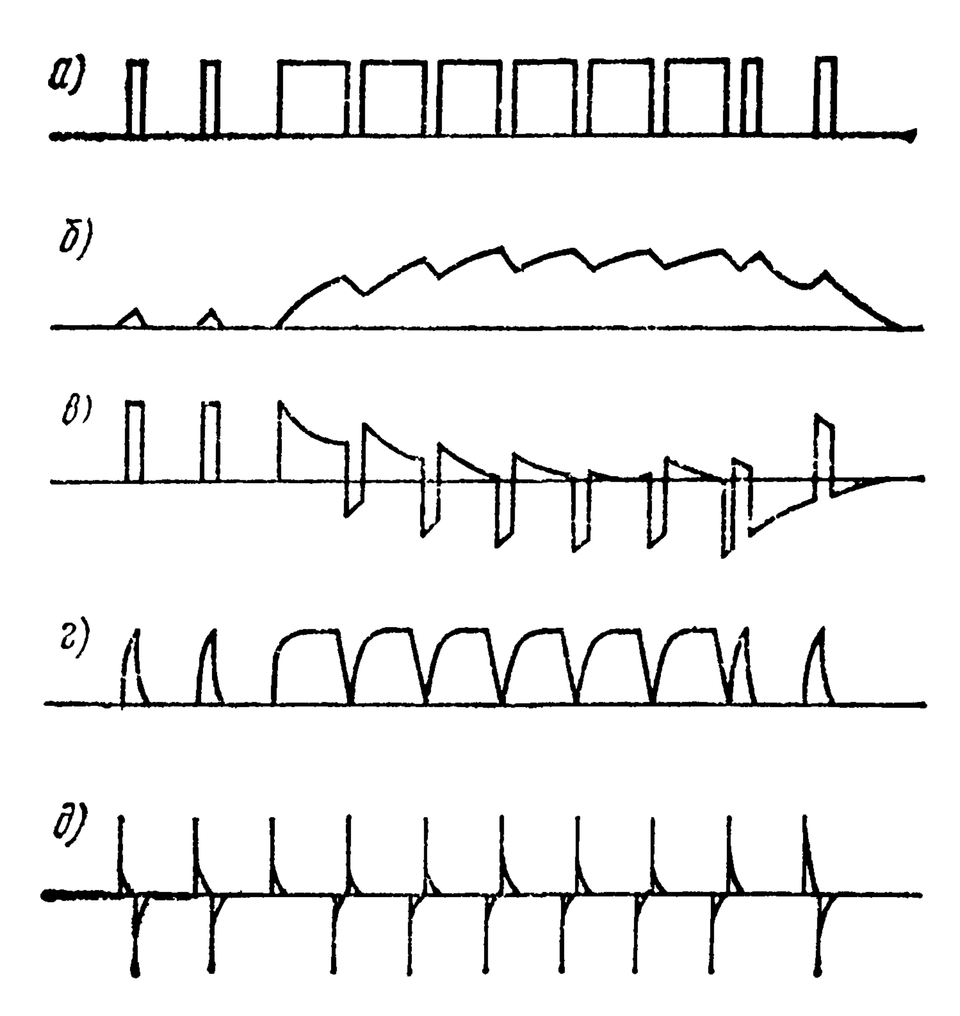


Рис. 10.8. Влияние τ цепи на выделение «врезок» из кадрового сигнала синхронизации

При применении цепи с малой постоянной времени конденсатор мгновенно заряжается до амплитудного значения полукадрового синхроимпульса и полностью разряжается за время действия «врезки» (рис. 10.8*г*). Поэтому на резисторе за это время выделяются положительные и отрицательные пички двойной строчной частоты (рис. 10.8*д*). Импульсы строчной частоты, соответствую-

щие спаду «врезки», используются для синхронизации задающего генератора строк.

В схемах телевизионных приемников могут применяться дифференцирующие цепочки только с постоянной времени $\tau \ll t$ (§ 10.6, 3-й случай). При значении $t=5{,}1$ мкс τ берется равной 1,7—2,5 мкс ($C=180$ пФ, $R=2{,}7$ кОм).

10.7. Использование метода интегрирования с последующим дифференцированием для выделения кадровых сигналов синхронизации

Такой метод выделения кадрового сигнала синхронизации позволяет получать крутой фронт синхроимпульса при использовании интегрирующих цепей с большой постоянной времени, что, в свою очередь, обеспечивает надежную защиту задающего генератора от воздействия кратковременных импульсных помех и хорошее подавление строчных синхронизирующих импульсов. Очевидно, что схема в этом случае должна содержать как интегрирующую, так и дифференцирующую цепи. Полученный на выходе интегрирующей цепи кадровый импульс подается затем на дифференцирующую цепь с малой постоянной времени, в результате чего обеспечиваются крутой фронт импульса, управляющего работой генератора кадровой развертки, и, как следствие этого, устойчивая чересстрочность разложения.

Схема и график, поясняющие данный метод выделения кадрового синхроимпульса, показаны на рис. 10.9. В схеме роль диф-

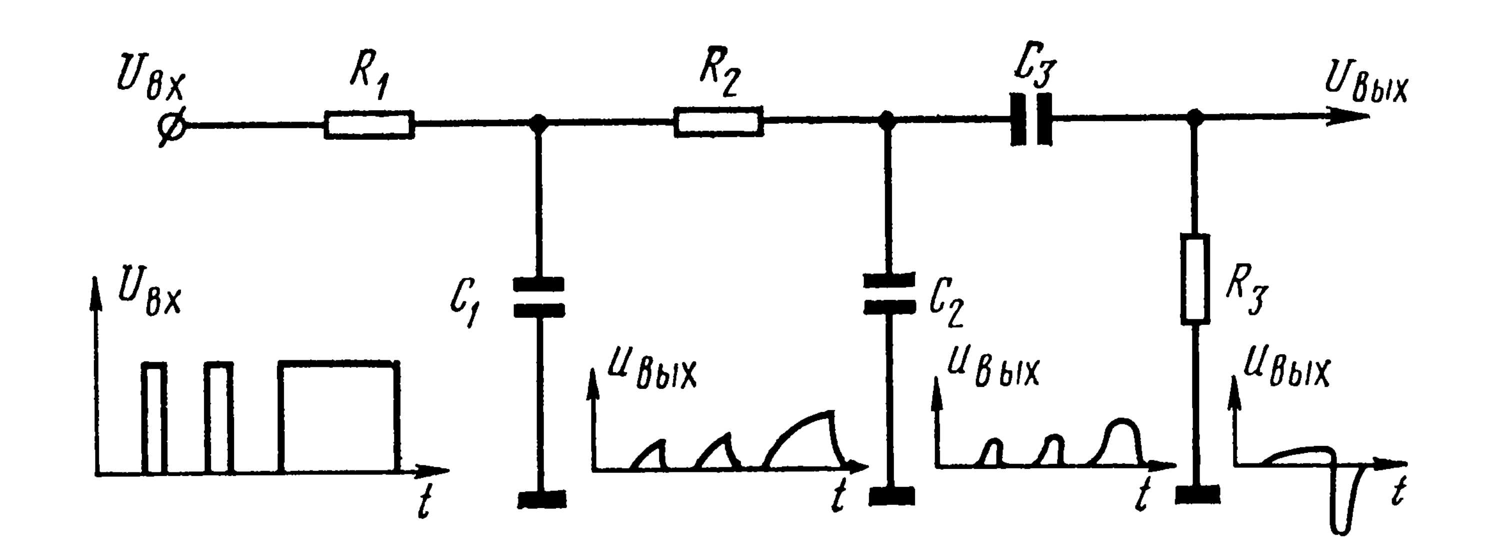


Рис. 10.9. Выделение кадрового сигнала синхронизации методом интегрирования с последующим дифференцированием

ференцирующей цепочки выполняет конденсатор C_3 небольшой емкости и сопротивление сеточной цепи задающего генератора. Так как спад продифференцированного импульса круче фронта, то для синхронизации используют остроконечные импульсы напряжения, соответствующие спаду импульсов.

10.8. Инерционная схема строчной синхронизации

Рассмотренные в §§ 10.5 и 10.6 способы синхронизации задающих генераторов развертки являются импульсными, так как они осуществляются каждым приходящим импульсом, а если этим импульсом окажется помеха, то происходит искажение строки или группы строк изображения.

В кадровой развертке при использовании для выделения синхроимпульса метода интегрирования с последующим дифференцированием обеспечивается надежная защита задающего генератора от воздействия кратковременных помех. В строчной развертке, где для выделения синхроимпульсов используется дифференцирующая цепочка с малой постоянной времени, такой защиты нет.

Для обеспечения высокой помехоустойчивости строчной развертки надо отделить импульсы помехи от синхроимпульсов. Такое разделение возможно благодаря тому, что синхроимпульсы имеют постоянный период следования, т. е. они следуют друг за другом со строго определенной частотой, в то время как импульсы помех возникают хаотически, а поэтому не имеют строго постоянной частоты.

Произведя такое разделение, можно управлять частотой строчного задающего генератора не самими импульсами, а тем управляющим напряжением, которое может быть получено в схеме, где сравниваются частота и фаза собственных колебаний генератора строчной развертки с частотой и фазой строчных синхроимпульсов. В случае расхождения этих частот схема автоподстройки вырабатывает соответствующее напряжение, которое воздействует на задающий генератор и автоматически возвращает его частоту к норме.

Импульсы помехи, не имеющие определенной частоты, оказываются в такой схеме изолированными, а следовательно, не могут изменить частоту задающего генератора строчной развертки.

В схеме синхронизации с автоматической подстройкой частоты строчного задающего генератора синхроимпульсы с выхода амплитудного селектора подаются на фазовый дискриминатор. Одновременно к нему подводятся импульсы от задающего генератора строчной развертки (в некоторых схемах от выходного каскада строчной развертки). Фазовый дискриминатор сравнивает фазы частоты поступающих напряжений и образует на выходе регулирующее напряжение.

Если фазы частоты синхроимпульсов и собственных импульсов совпадают, то регулирующее напряжение на выходе дискриминатора равно нулю. При изменении частоты задающего генератора (частота синхроимпульсов измениться не может — это эталон) на выходе фазового дискриминатора появляется регулирующее напряжение, которое возвращает частоту генератора к исходному значению. Регулирующее напряжение смешано с импульсами помехи, и для их устранения применяется низкочастотный фильтр, с выхода которого напряжение подается на усилитель постоянного

тока (в некоторых схемах он отсутствует), усиливается и поступает на задающий **генератор.**

Существуют различные принципиальные схемы инерционной синхронизации. В качестве примера рассмотрим схему рис. 10.10*а*. Фазовый дискриминатор представляет собой систему двух встреч-

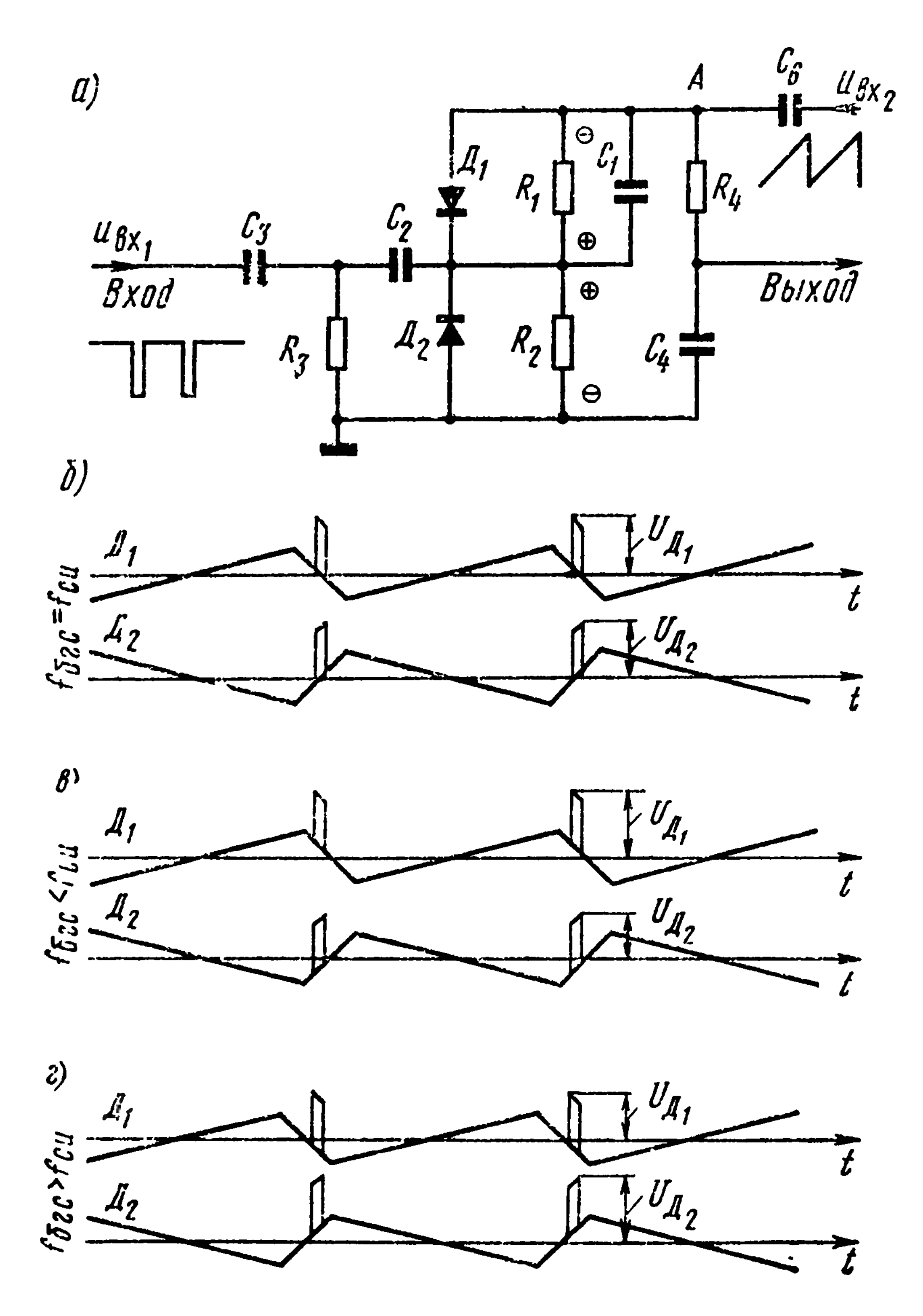


Рис. 10.10. Схема АПЧиФ и графики, поясняющие ее работу

но включенных диодов $Д_1$ и $Д_2$ с одинаковыми нагрузками соответственно R_1 и R_2. К средней точке соединения диодов через переходную цепь C_3R_3 и конденсатор C_2 подаются синхронизирующие импульсы положительной полярности относительно их анодов (на схеме импульсы отрицательные, так как они подаются на катоды диодов). Диоды открываются и их токами заряжаются конденсаторы C_1 и C_2 до величины, равной амплитуде этих импульсов. Напряжение на конденсаторе C_2 приложено одновременно к обоим диодам и запирает их на время отсутствия синхроимпульсов.

Кроме того, через переходный конденсатор C_6 к диодам подводится пилообразное напряжение строчной развертки, которое снимается или с зарядного конденсатора, или поступает через интегрирующий фильтр с дополнительной обмотки на строчном

трансформаторе. После конденсатора C_6 пилообразное напряжение распределяется поровну на резисторах R_1 и R_2. Поскольку диоды включены навстречу друг другу, то напряжение строчной развертки оказывается приложенным к ним в противоположной полярности. Таким образом, к каждому диоду прикладывается суммарное напряжение, состоящее из одинаковых по знаку и амплитуде синхроимпульсов и полообразного напряжения, имеющего противоположную полярность для каждого диода.

На рис. 10.10*б, в, г* изображены формы напряжений, действующих на диодах $Д_1$ и $Д_2$ при различных частотных соотношениях собственных колебаний строчной развертки и приходящих синхроимпульсов.

Рисунок 10.10*б* иллюстрирует случай, когда собственная частота пилообразного напряжения задающего генератора равна частоте синхроимпульсов. Причем период пилообразного напряжения подобран так, что синхроимпульсы совпадают по времени с серединой обратного хода пилы, т. е. пилообразное напряжение в это время равно нулю. Очевидно, что в этом случае к диодам $Д_1$ и $Д_2$ прикладываются только напряжения синхроимпульсов, амплитуды которых равны. Под воздействием этих напряжений на одинаковых по величине нагрузках R_1 и R_2 за счет равных токов диодов создаются напряжения, равные по величине и противоположные по знаку: $-U_{д_1}$ и $+U_{д_2}$. Результирующее напряжение в точке *А* в этом случае будет равно нулю. Это значит, что в задающий генератор не поступит управляющего напряжения и его частота останется неизменной.

Рисунок 10.10*в* поясняет случай, когда частота задающего генератора уменьшилась и поэтому синхроимпульсы попали во времени на начало обратного хода пилы. В этом случае напряжение, приложенное к диоду $Д_1$, больше напряжения, приложенного к диолу $Д_2$. Соответственно увеличивается и ток диода $Д_1$, поэтому на резисторе R_1 отрицательное напряжение $U_{д1}$ больше положительного напряжения $U_{д2}$ на резисторе R_2 (полярность этих напряжений обозначена в кружочках). Результирующее напряжение в точке *А* — отрицательное. Это напряжение через интегрирующий фильтр R_4C_4 подается на усилитель постоянного тока, который поворачивает фазу управляющего напряжения. Напряжение становится положительным и, будучи поданным на задающий генератор, увеличивает его частоту.

На рис. 10.10*г* анализируется случай, когда частота строчного задающего генератора возросла и поэтому синхроимпульсы попадают во времени на конец обратного хода луча пилы строчной развертки. Теперь к диоду $Д_2$ приложено большее напряжение, чем к диоду $Д_1$. Ток диода $Д_2$ больше, и поэтому положительное напряжение на резисторе R_2 больше отрицательного напряжения на резисторе R_1. Результирующее напряжение в точке *А* имеет положительную полярность. После прохождения через усилитель фаза напряжения изменится и на задающем генераторе будет отрица-

тельное управляющее напряжение, которое уменьшит частоту генерируемых колебаний. Таким образом, частота строчного генератора в обоих случаях автоматически приходит к норме.

В рассмотренной схеме управляющее напряжение, выработанное фазовым дискриминатором, проходит через интегрирующий фильтр R_4C_4, на вход которого вместе с управляющим напряжением поступают импульсы помехи. Так как постоянная времени фильтра выбирается большой, импульсы помех этим фильтром подавляются и на задающий генератор не поступают, в результате чего помехоустойчивость последнего возрастает. Понятно, что постоянная времени фильтра не может быть выбрана чрезмерно большой, так как в этом случае управляющее напряжение, соответствующее разности фаз сравниваемых импульсов, длительное время не сможет зарядить конденсатор фильтра C_4, а выходное напряжение, образующееся на нем, не сможет достаточно быстро нормализовать частоту задающего генератора. Рассмотренная схема обеспечивает уверенную синхронизацию только при небольшом расхождении частот и фаз синхроимпульсов и пилообразного напряжения строчной развертки, т. е. в случае, когда синхроимпульсы поступают в течение времени обратного хода пилы.

Как было указано в § 7.11, стабильность генерируемых колебаний у мультивибратора выше по сравнению со стабильностью в блокинг-генераторе, поэтому в схемах телевизоров, использующих автоматическую подстройку частоты и фазы в качестве задающего генератора, используется обычно мультивибратор, а так как он состоит из двух радиоламп или транзисторов, то в этом случае усилитель постоянного тока не применяется. Требуемая фаза управляющего напряжения обеспечивается самим мультивибратором.

В рассмотренной схеме на фазовый дискриминатор поступают синфазные синхроимпульсы и противофазные пилонапряжения. Однако имеются схемы АПЧиФ, где используется противофазная подача синхроимпульсов на фазовый дискриминатор. Работа такой схемы аналогична описанной, но она требует получения разных по фазе синхроимпульсов, для чего должен быть применен либо специальный трансформатор, либо фазоинверсный каскад (парофазный усилитель).

10.9. Блок синхронизации на транзисторах

Амплитудный селектор на транзисторах по принципу действия подобен ламповому. Однако, в отличие от него, выделение синхроимпульсов может быть осуществлено при любой полярности видеосигнала, поступающего на селектор, так как для амплитудной селекции может быть выбран транзистор как с проводимостью *p-n-p*, так и *n-p-n*.

Схема простейшего транзисторного амплитудного селектора приведена на рис. 10.11*а*. На вход каскада подается видеосигнал положительной полярности, так как в схеме применен транзистор проводимости *n-p-n*. При подаче на вход амплитудного селектора

видеосигнала отрицательной полярности в каскаде следует применять транзистор проводимости *p-n-p*.

Режим транзистора, используемого в амплитудном селекторе, выбирается таким, чтобы в растворе входной характеристики (рис. 10.11*б*) между значениями напряжений на базе $U_б=0$ и $U_{б.\,нас}$ размещалась часть синхронизирующего импульса U_1. При

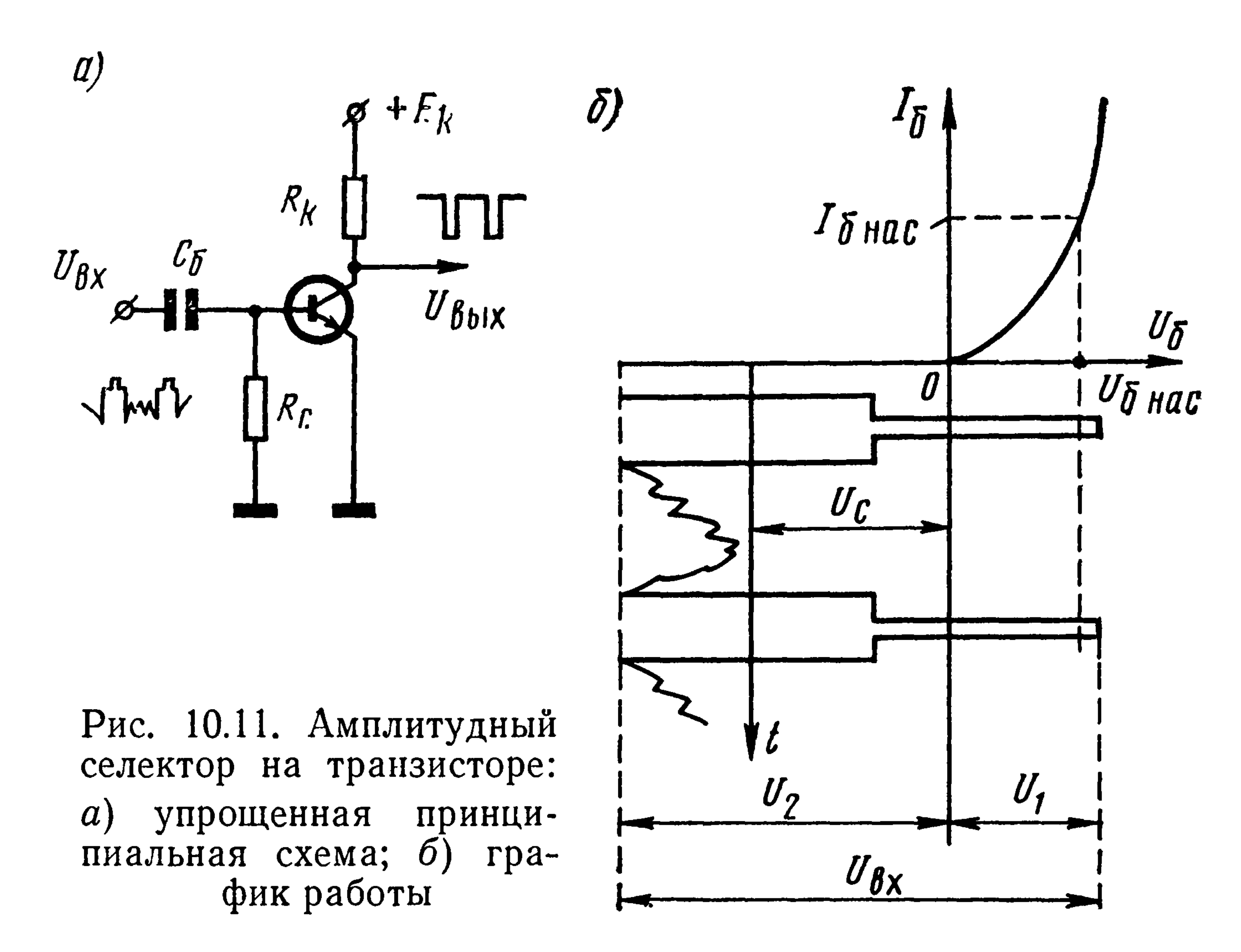


Рис. 10.11. Амплитудный селектор на транзисторе: *а*) упрощенная принципиальная схема; *б*) график работы

этом за счет односторонней проводимости эмиттерно-базового перехода входная цепь транзистора будет закрыта для той части полного телевизионного сигнала U_2, которая имеет отрицательный относительно эмиттера потенциал. Таким образом, гасящие импульсы и сигнал изображения будут располагаться за линией отсечки базового тока, т. е. в той области, где транзистор закрыт, а следовательно, ток коллектора равен нулю.

Верхняя часть синхроимпульса располагается в той области напряжения на базе, где ток базы достигает насыщения, а за счет насыщения коллекторного тока на выходе каскада происходит ограничение синхроимпульса по амплитуде. В результате в нагрузку $R_к$ проходит и усиливается только та часть сигнала, которая размещается в пределах раствора входной характеристики транзистора. Если режим каскада выбран правильно, то синхроимпульс отделяется от полного телевизионного сигнала и ограничивается с двух сторон: снизу — за счет отсечки и сверху — за счет насыщения транзистора.

Кроме отделения синхроимпульсов от сигналов изображения, амплитудный селектор должен обеспечивать достаточную мощность выходных импульсов. Поэтому в большинстве случаев в схеме применяют несколько транзисторов — чаще всего два. Это выгодно еще и тем, что в этом случае просачивание видеосигнала на выход амплитудного селектора происходит в гораздо меньшей

степени, т. е. отделение синхроимпульсов от полного телевизионного сигнала здесь более четкое. Кроме того, в многокаскадном амплитудном селекторе осуществляется более надежная защита от помех.

Схема помехозащитного амплитудного селектора на двух транзисторах показана на рис. 10.12. Транзистор T_1 работает как обычный амплитудный селектор. Полный телевизионный сигнал подается с видеоусилителя через конденсатор C_1. Для устранения влияния импульсных помех малой длительности в цепи базы транзистора включена цепочка R_1C_2 с малой постоянной времени. Транзистор T_2 находится в режиме насыщения, поэтому можно считать, что эмиттер транзистора T_1 по переменному току имеет потенциал шасси. Для создания режима насыщения транзистора T_2 на его базу подается отпирающий потенциал через резистор R_4. Сюда же через конденсатор C_3 поступает напряжение с детектора $Д_1$, который включен в цепь базы эмиттерного повторителя усилителя видеосигналов (УВС).

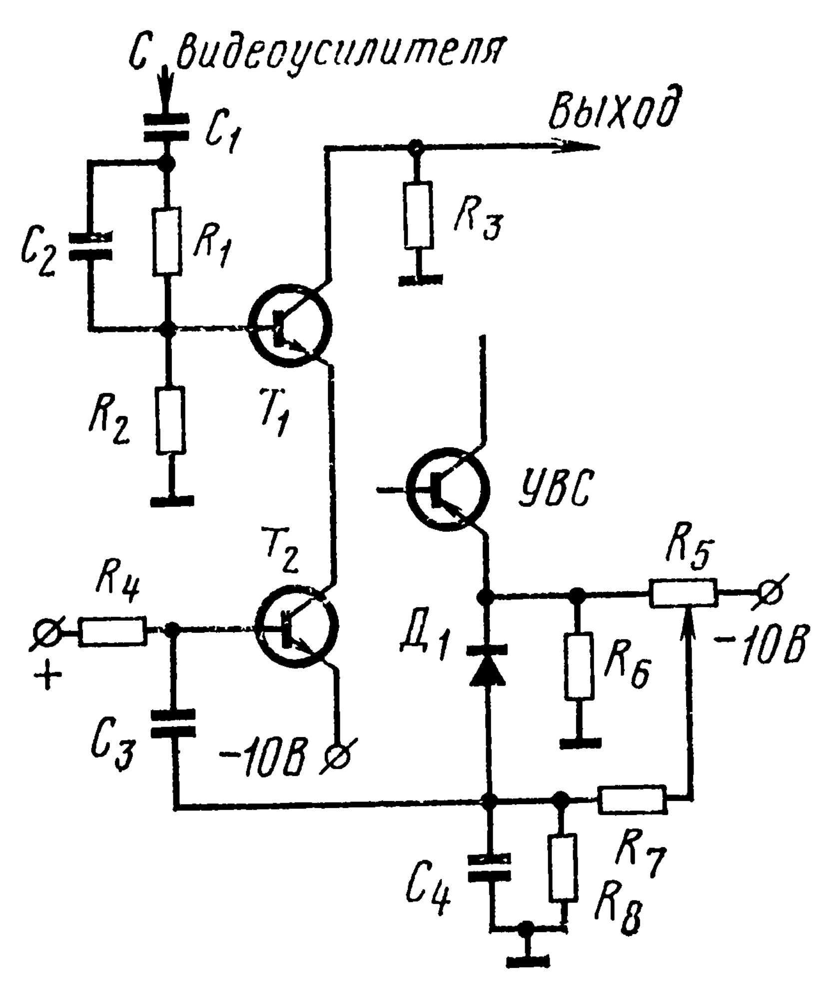


Рис. 10.12. Схема помехозащищенного амплитудного селектора на транзисторах

При отсутствии импульсной помехи работа данной схемы не отличается от разобранной в § 10. 9. Когда же приходит импульсная помеха, превышающая уровень видеосигнала, то она выделяется детектором $Д_1$ и подается на базу транзистора T_2 в такой полярности, чтобы запереть его. Это означает, что эмиттерная цепь амплитудного селектора практически разрывается и импульс помехи на выходе амплитудного селектора отсутствует. По окончании действия помехи транзистор T_2 вновь отпирается и схема продолжает выделять сигналы синхронизации. Чтобы диод $Д_1$ не открывался напряжением видеосигнала, имеется специальный потенциометр R_5, который создает запирающее напряжение смещения диода, равное размаху видеосигнала на выходе эмиттерного повторителя УВС.

При наличии нескольких транзисторов в схеме амплитудного селектора не всегда его каскады выполняют одинаковую роль: один из транзисторов всегда должен обеспечивать выделение синхроимпульсов, а другие либо осуществлять защиту от помех, как в схеме рис. 10. 12, либо могут быть усилителями синхроимпульсов или усилителями-ограничителями.

Разделение импульсов синхронизации на строчные и кадровые может быть произведено в схемах, стоящих после амплитудного

селектора, но так как в большинстве схем на транзисторах имеются еще усилители и ограничители синхроимпульсов, то разделение происходит обычно после этих каскадов. Кроме того, дополнительный усилитель часто является одновременно и фазоинвертером, обеспечивая нормальную работу системы АПЧиФ строчной развертки, когда используется схема АПЧ с разнофазными синхроимпульсами.

Для разделения строчных и кадровых синхроимпульсов в транзисторных телевизорах так же, как и в ламповых, применяются дифференцирующие и интегрирующие цепочки. Строчные синхроимпульсы выделяются с помощью дифференцирующих цепочек с малой постоянной времени, для выделения кадровых импульсов синхронизации применяются двухзвенные или трехзвенные интегрирующие фильтры. В некоторых телевизорах для обеспечения высокого качества кадровой синхронизации используются отдельные усилители кадровых синхроимпульсов.

На рис. 10.13 дана практическая схема селектора и усилителя синхроимпульсов. Схема собрана на транзисторах T_1, T_2 и T_3. Видеосигналы поступают на базу транзистора T_1 с видеоусилителя

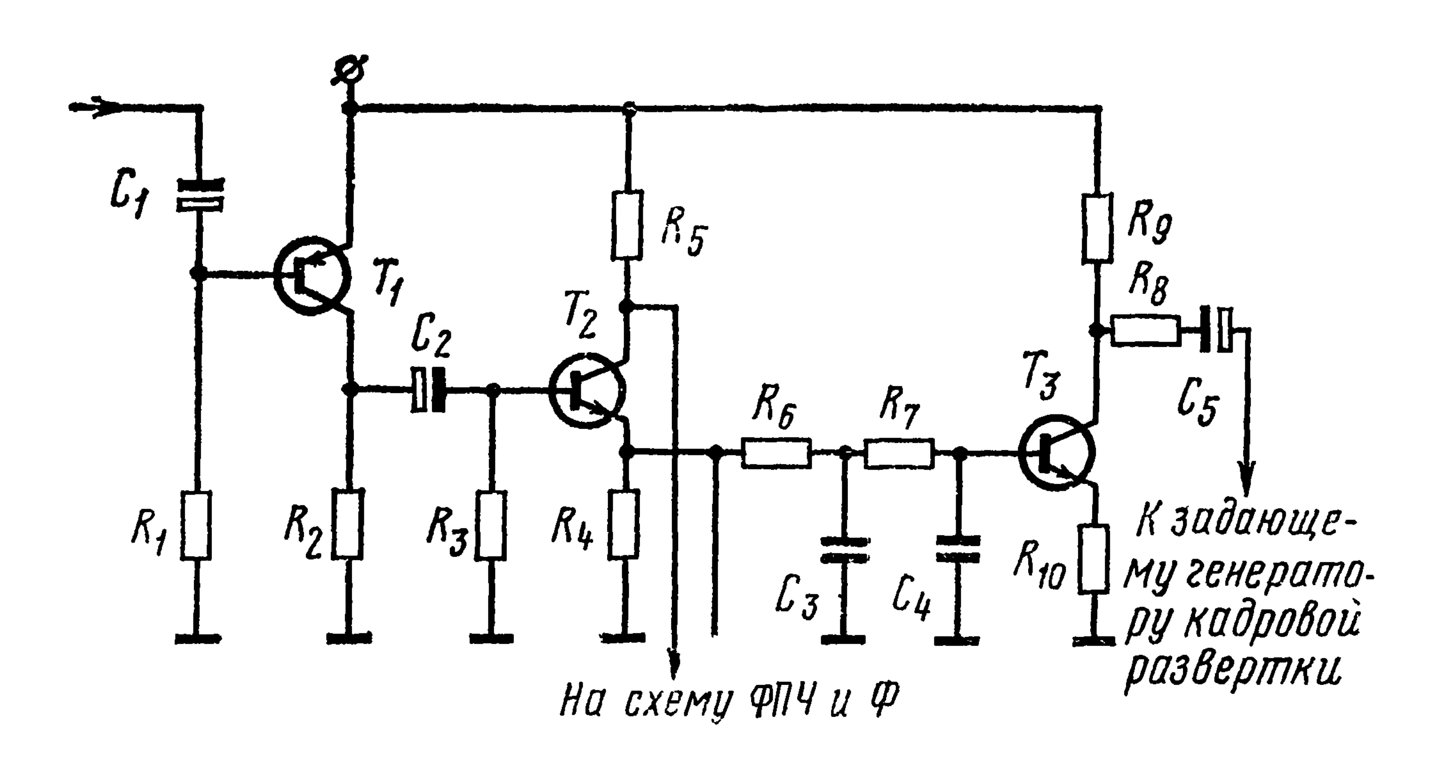


Рис. 10.13. Практическая схема амплитудного селектора и усилителя синхроимпульсов

через разделительный конденсатор C_1. С нагрузки каскада R_2 через разделительный конденсатор C_2 синхроимпульсы идут на вход парофазного усилителя T_2, на выходе которого получаются противоположные по фазе, но одинаковые по амплитуде импульсы синхронизации, которые затем поступают на схему АПЧиФ строчной развертки, а с эмиттера транзистора T_2 синхроимпульсы в положительной полярности через двухзвенную интегрирующую цепочку R_6C_3; R_7C_4 поступают на базу транзистора T_3 — усилителя кадровых синхроимпульсов. Усиленный кадровый синхроимпульс снимается с коллектора транзистора T_3 и через цепочку R_8C_5 подается на базу транзистора задающего генератора кадровой развертки.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен амплитудный селектор?
2. Чем отличается режим работы амплитудного селектора на триоде от обычной усилительной ступени?
3. Каковы недостатки амплитудного селектора на триоде?
4. В чем выражается вредное влияние импульсных помех на работе амплитудного селектора?
5. Поясните действие помехоподавляющей цепочки в сеточной цепи селектора.
6. В чем преимущества амплитудного селектора на пентоде?
7. По какому принципу осуществляется разделение сигналов синхронизации на строчные и кадровые?
8. Почему постоянная времени интегрирующей цепи не может быть выбрана слишком большой или слишком малой?
9. Для чего применяются двухзвенные интегрирующие фильтры?
10. Поясните работу дифференцирующей цепи.
11. Почему для выделения строчных синхроимпульсов используются цепи с малой постоянной времени τ?
12. Для чего используется метод интегрирования с последующим дифференцированием при выделении кадрового синхроимпульса?
13. В чем существенная разница между безынерционными и инерционными схемами синхронизации?
14. Почему инерционная схема синхронизации является помехоустойчивой?
15. Поясните практическую схему синхронизации на транзисторах.

Глава 11.

ТЕЛЕВИЗИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА

11. 1. Назначение и построение

Чтобы обеспечить возможность контроля за качеством работы телевизора, телевизионные центры передают регулярно по несколько часов в день и перед началом основных передач телевизионную испытательную таблицу (ТИТ). Применяемая в СССВ испытательная таблица является единой для всех телецентров СССР и обозначается ТИТ 0249 (рис. 11.1).

Таблица представляет собой прямоугольник с соотношением ширины к высоте, равным 4:3, разделенный на 12 больших квадратов, каждый из которых, в свою очередь, разделен еще на четыре квадрата. Верхние и нижние квадраты имеют цифровые обозначения, а боковые — буквенное. Это позволяет обозначить каждый квадрат. Например, название самой таблицы находится в квадрате *В4*.

В центре таблицы помещается большой круг, а четыре круга меньшего радиуса расположены по углам таблицы. Внутри как большого, так и меньших кругов нанесены специальные рисунки и цифры, предназначенные для проверки работы узлов телевизора.

Телевизионная испытательная таблица позволяет проверить:

1) размер изображения и линейность;
2) четкость изображения по горизонтали и вертикали;
3) фокусировку изображения;

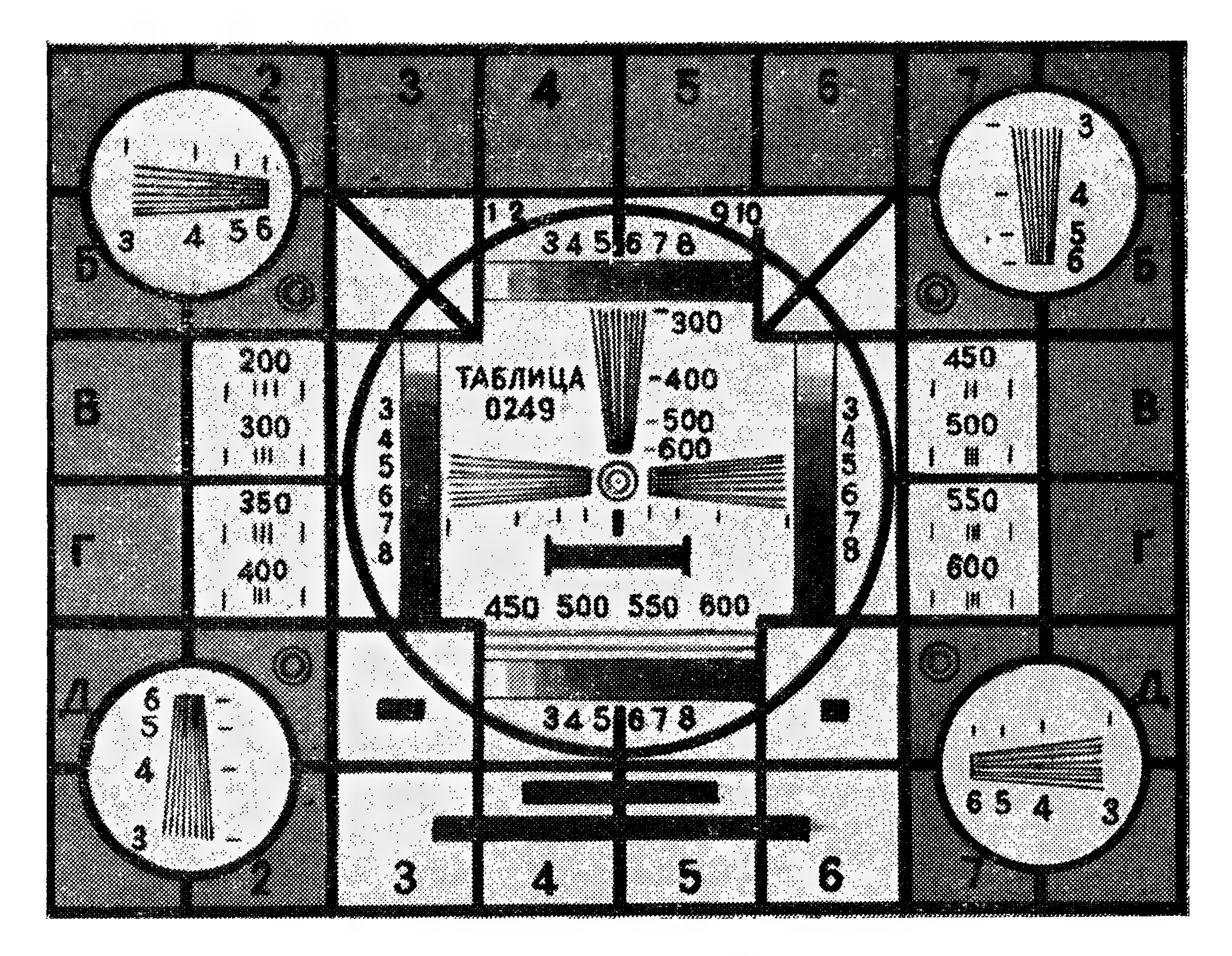


Рис. 11.1. Телевизионная испытательная таблица 0249

4) контрастность и яркость изображения;
5) чересстрочность развертки;
6) частотные и фазовые искажения;
7) геометрические искажения изображения.

11.2. Проверка и настройка телевизора по телевизионной испытательной таблице

Проверка размера и линейности изображения. Перед началом работы телевизора необходимо правильно установить размер изображения. Это значит, что между его сторонами должно выдерживаться соотношение 4:3. Для этого в квадратах *Д1, Б1, А2, А7, Б8, Д8, Е7* и *Е2* имеются белые стрелки. Если эти стрелки достигают верхней, нижней, левой и правой сторон рамки экрана, то обеспечивается правильное соотношение сторон изображения и, следовательно, правильным будет размер экрана.

При линейной развертке геометрические очертания квадратов и кругов должны представлять собой действительно круги и квадраты. Если же развертка нелинейная, то квадраты превращаются в прямоугольники, а окружности оказываются искаженными и приобретают форму эллипса. По степени этих искажений можно судить о линейности развертки в любом направлении.

Определяется величина нелинейных искажений путем измерения размеров определенных квадратов таблицы. По горизонтали это квадраты — *Б2* и *Б7* или *Г2* и *Г7,* а по вертикали — *Б3* и *Д3* или *Б6* и *Д6.* Величину нелинейности по горизонтали в процентах

определяют как отношение разности горизонтальных размеров наиболее широкого и наиболее узкого прямоугольников к их среднему арифметическому значению. Величина нелинейности по вертикали определяется как отношение разности вертикальных размеров наиболее высокого и наиболее низкого прямоугольников.

Определение горизонтальной и вертикальной четкости принятого изображения. Для определения горизонтальной четкости принятого изображения служат вертикальные клинья, состоящие из тонких сходящихся линий. Клинья расположены в центральном круге, в левом нижнем и правом верхнем кругах.

Такие же линии для определения четкости по горизонтали находятся в светлых квадратах таблицы (*В2, Г2, В7, Г7*). Для этих же целей служат вертикальные линии внизу большого круга (квадраты *Д4, Д5*). Все линии снабжены цифровыми шкалами. Определение четкости воспроизводимого изображения в горизонтальном направлении заключается в определении места, до которого различаются отдельные линии вееров клиньев, и различимости отдельных полосок в линиях. Например, если на веере клина, расположенного в центральном круге, отчетливо различаются отдельные линии до точки, около которой стоит цифра 500, то это значит, что четкость принятого изображения в данном месте кадра соответствует разложению изображения как бы не на 625 строк, а только на 500.

Это объясняется неспособностью телевизора воспроизводить все передаваемые телецентром мелкие детали изображения.

Точно таким же способом производится определение и вертикальной четкости по горизонтальным клиньям, которые находятся в большом круге и в левом верхнем и в правом нижнем малых кругах.

Проверка фокусировки изображения. Для оценки качества фокусировки луча служат небольшие концентрические окружности в центре большого круга и в квадратах *Б2, Б7, Д2, Д7.*

Изображение считается тогда хорошо сфокусированным, когда толщина линий отдельных окружностей будет одинаковой и в центре каждой окружности будет видна черная точка. Практически фокусировка не получается равномерной по всему экрану, и даже при хорошей фокусировке в центре экрана по его краям может наблюдаться некоторая размытость изображения.

Проверка контрастности и яркости изображения. Внутри большого круга находятся две вертикальные и две горизонтальные полосы, состоящие каждая из десяти отдельных прямоугольников, представляющих различную степень серого (от белого до черного). С помощью этих полос определяют качество передачи градаций яркости. Понятно, что чем больше воспроизводится оттенков серого в черно-белом изображении, тем лучше его контрастность.

Удовлетворительным считается такой прием изображения, когда обеспечивается передача 6—8 градаций. Это число зависит от яркости и контрастности изображения. При излишней контрастности и яркости теряются полутона.

Проверка качества чересстрочного разложения. Чересстрочность разложения — это точное переплетение четных и нечетных строк. Качество чересстрочной развертки телевизора контролируется по диагоналям, расположенным в квадратах *Б3* и *Б6*.

Если чередование четных и нечетных строк правильное, то эти диагонали ровные и тонкие. При частичном спаривании строк диагонали утолщаются и на них появляются ступеньки. Кроме того, в этом случае отдельные линии в горизонтальных клиньях центрального круга неустойчивы.

Проверка частотных и фазовых искажений. Для определения наличия в телевизоре частотных и фазовых искажений на таблице имеются черные прямоугольники. Они расположены в квадратах *Д3, Д6, Е3, Е4, Е5, Е6* и внутри центрального круга. Если в телевизоре нет частотных и фазовых искажений, то эти прямоугольники только черные и не имеют ни белых окантовок, ни «тянучек». При наличии «тянучек» получается серое продолжение прямоугольников, что говорит о плохом пропускании низких и средних частот видеосигнала. Белая окантовка на черных линиях свидетельствует о большом усилении высоких частот видеосигнала.

Проверка геометрических искажений изображения. Геометрические искажения — это искажения формы прямоугольника. Прямоугольник кадра воспроизводится в этом случае в виде «ромба», «трапеции», «бочки», «подушки». На каждый тип искажений имеются допустимые нормы. Перечисленные искажения и определение коэффициентов искажений показаны на рис. 11.2.

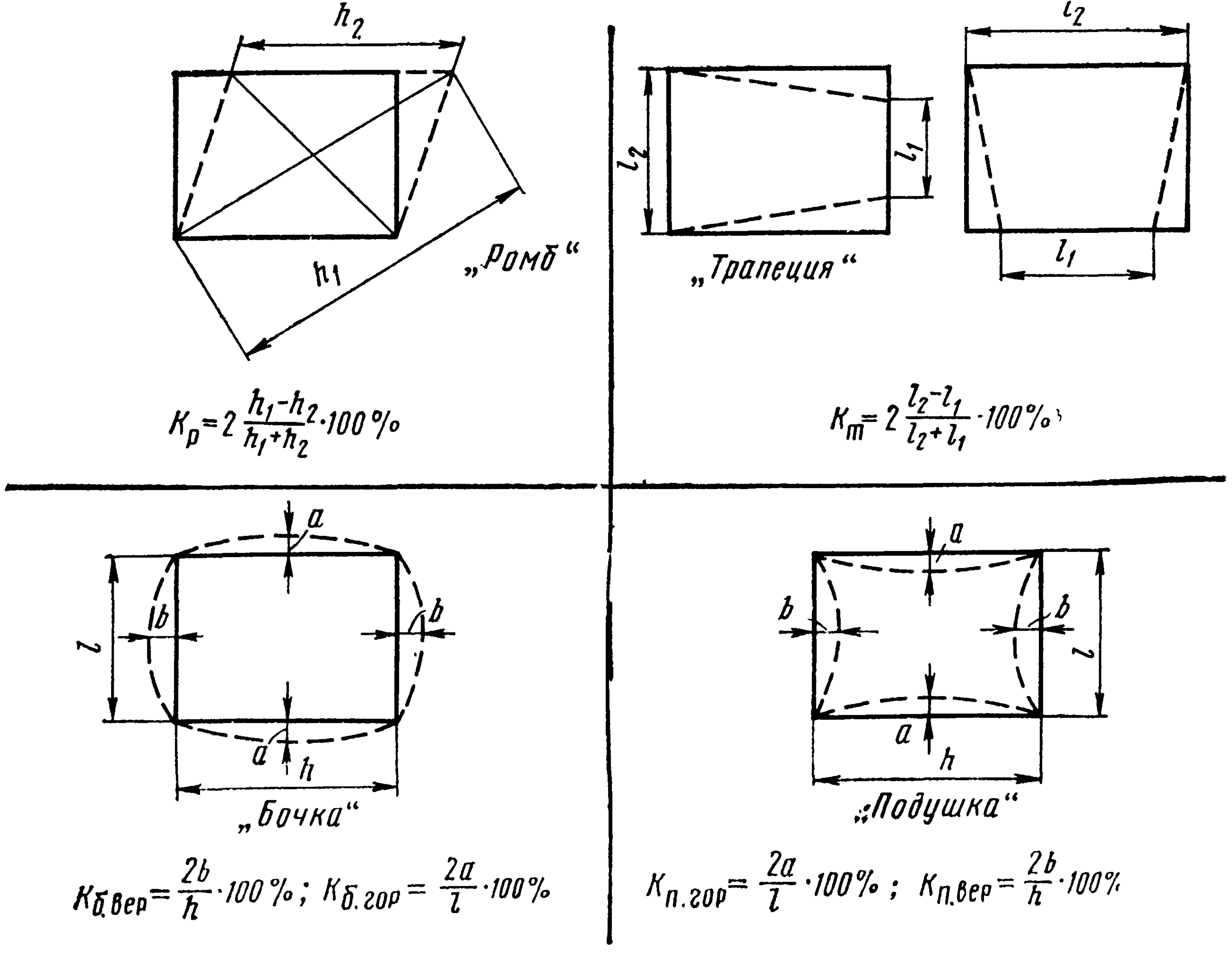


Рис. 11.2. Определение геометрических искажений растра по ТИТ

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой телевизионная испытательная таблица 0249?
2. По каким квадратам устанавливается правильный размер изображения?
3. Как определяется четкость изображения по горизонтали?
4. В каких квадратах находятся круги для определения фокусировки?
5. Для определения каких показателей внутри большого круга имеются горизонтальные и вертикальные полосы?
6. Как по телевизионной испытательной таблице определить полосу пропускания видеотракта?

Глава 12.

УСИЛИТЕЛИ ВИДЕОСИГНАЛОВ

12. 1. Общие сведения

В телевизионном приемнике видеосигнал выделяется на нагрузке детектора. Максимальный его размах составляет 1—2 В. Напряжение такой величины недостаточно для управления яркостью экрана современных кинескопов, поэтому оно должно быть усилено до значения 60—70 В. Усиление сигналов изображения происходит в каскадах, которые называются видеоусилителями или усилителями видеосигналов (УВС).

Поскольку видеосигнал имеет довольно широкий спектр частот (от 50 Гц до 6 МГц), то видеоусилитель должен обеспечить равномерное усиление столь широкой полосы. Именно этим он отличается от усилителя низкой частоты обычного радиоприемника, который имеет полосу частот от 50 Гц до 10 кГц.

Кроме того, видеоусилитель не должен вносить заметных частотных, фазовых и нелинейных искажений.

Нелинейные искажения заключаются в искажении формы видеосигнала из-за нелинейности характеристик усилительной лампы или транзистора. Правильный выбор рабочей точки на характеристике обеспечивает не только неискаженную передачу полутонов видеосигнала, но и сохранение правильной формы синхроимпульсов, которые тоже усиливаются в видеоусилителе.

Частотные искажения видеоусилителя заключаются в том, что он по-разному усиливает сигналы различных частот из-за наличия в его схеме конденсаторов: переходных, в цепях эмиттера транзистора или катода и экранирующей сетки лампы, а также емкости монтажа. Показателем частотных искажений является частотная характеристика, представляющая собой зависимости коэффициента усиления усилителя от частоты усиливаемых сигналов.

Фазовые искажения заключаются в том, что из-за наличия в схеме видеоусилителя реактивных элементов на его выходе изменяются фазовые сдвиги между различными гармониками сигнала

по сравнению с фазовыми сдвигами на его входе. Это приводит к изменению формы видеосигнала и появлению искажений в виде окантовок, повторов, тянучек и т. д. Частотные и фазовые искажения взаимосвязаны, так как вызываются они одними причинами, поэтому при увеличении частотных искажений неизбежно увеличиваются и фазовые.

Для неискаженного усиления видеосигнала частотная характеристика видеоусилителя должна быть равномерной в заданной полосе частот, а фазовая характеристика — линейной.

В практических схемах из-за наличия реактивных элементов частотная характеристика не прямолинейна и если имеется «завал» высоких частот, то это приводит к снижению четкости по горизонтали. Подъем высоких частот приводит к чрезмерному подчеркиванию контуров изображения и мелких деталей, что хотя и улучшает их разборчивость, но вместе с тем вызывает появление ложной рельефности и этим снижает качество изображения.

Подъем или ослабление низких частот приводит к неправильному распределению яркостей крупных деталей.

Следует иметь в виду, что частотная и фазовая характеристики дают полное представление о свойствах усилителя при усилении им синусоидальных или других периодических колебаний.

Видеосигналы представляют собой импульсы самой различной длительности и амплитуды, следующие друг за другом без какой-либо закономерности, так как они соответствуют самым различным изображениям. Поэтому, кроме частотной и фазовой характеристик, пользуются еще и переходной характеристикой, которая дает наиболее полное представление о работе видеоусилителя.

12.2. Переходная характеристика видеоусилителя

Переходная характеристика усилителя показывает, как изменяется напряжение на выходе усилителя при подаче на его вход мгновенного скачка (перепада импульса) напряжения в 1 В. При этом ко входу видеоусилителя подводятся П-образные импульсы (рис. 12.1*а*), а усиленный импульс рассматривается на осциллографе (рис. 12.1*б*). При его рассмотрении учитываются все искажения, которые вносит видеоусилитель в импульс, и довольно просто оценивается качество работы видеоусилителя.

Каждый импульс характеризуется длительностью, крутизной фронта и спада и вершиной.

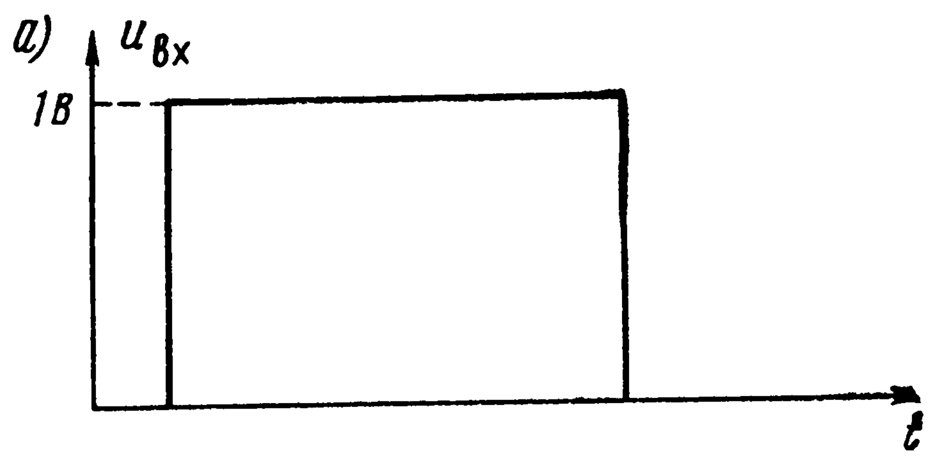
По переходной характеристике можно определить:

1. Время нарастания импульса, а следовательно, судить о крутизне фронта. Время нарастания импульса — это то время (рис. 12.1*б*, $t_н$), в течение которого напряжение на выходе усилителя нарастает от 0,1 до 0,9 своего установившегося значения $U_{уст}$. Понятно, что чем меньше это время, тем круче фронт импульса на выходе усилителя.

2. Время спадания (рис. 12.1*б*, $t_с$) обычно равно времени нарастания и характеризует крутизну среза.

3. Выброс выходного напряжения. Выбросом h_0 называется разность между наибольшим и установившимся значениями импульса на выходе усилителя. Чем эта разность больше, тем больше спад вершины и выброс отрицательной полярности h_1.

По времени нарастания импульса можно судить о качестве воспроизведения границ между деталями различной яркости на изображении: с увеличением времени $t_н$ эти границы размываются и четкость в горизонтальном направлении падает.



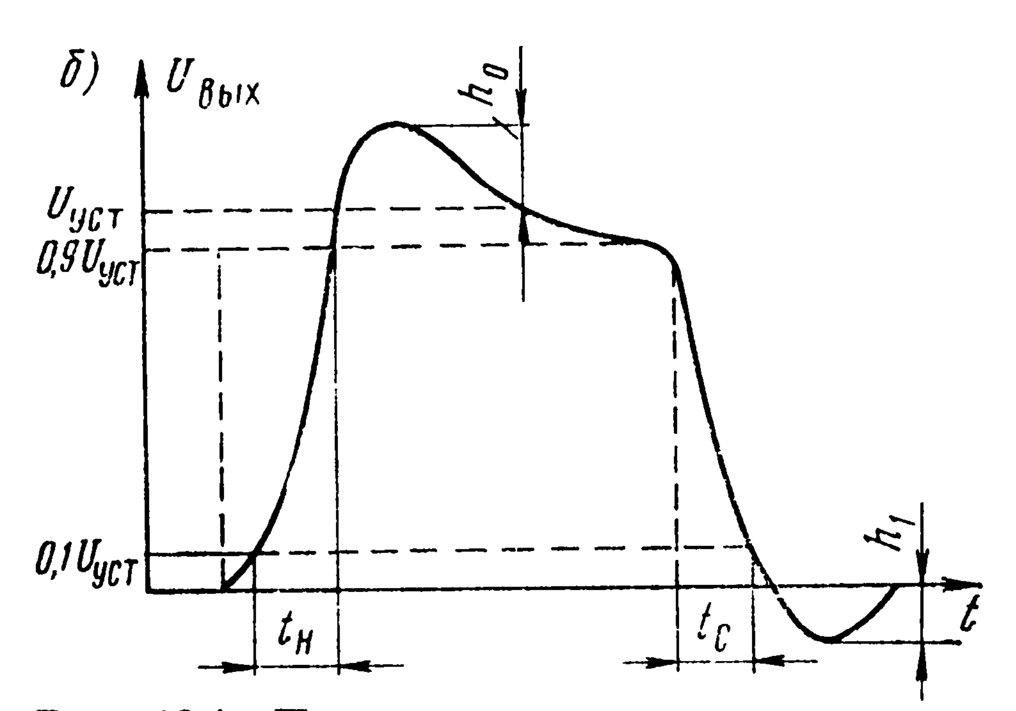


Рис. 12.1. Переходная характеристика усилителя:

а) импульс на входе усилителя; *б*) импульс на выходе усилителя

Выбросы на переходной характеристике, создаваемые колебательными процессами в схеме, приводят к появлению окантовок с правой стороны деталей, «пластики» и многоконтурности.

Перекос вершины импульса приводит к искажениям изображения, выражающимся в неравномерном воспроизведении яркостей больших равнояркостных участков изображения.

Между методом исследования видеоусилителя по частотной и фазовой характеристикам и методом исследования с помощью переходной характеристики имеется однозначная связь. Это означает, что данной форме переходной характеристики схемы всегда соответствуют определенные частотная и фазовая характеристики и наоборот.

12.3. Видеоусилитель

Известно, что для получения наименьших частотных искажений нагрузкой усилителя должно быть не реактивное (дроссель или трансформатор), а чисто активное сопротивление, т. е. это должен быть усилитель на резисторах — резистивный усилитель.

Принципиальная схема резистивного усилителя показана на рис. 12.2*а*. Как видно из рисунка, этот усилитель ничем не отличается от широко распространенного резистивного усилителя звуковых колебаний, но так как он предназначен для усиления более широкого спектра частот, то его детали имеют иные величины. Так, например, развязывающие конденсаторы C_1 и C_2 в цепи катода и экранирующей сетки имеют большую емкость, так как их сопротивления для самых низких видеочастот должны быть значительно меньше, чем сопротивления резисторов R_1 и R_2.

Для рассмотрения работы схемы целесообразно воспользоваться эквивалентными схемами усилителя, которые представлены на рис. 12.2 *б, в, г, д*. Полная эквивалентная схема показана на рис. 12.2*б*.

В этих схемах усилительная лампа с коэффициентом усиления μ заменена генератором с ЭДС, равной μU_1 и сопротивлени-

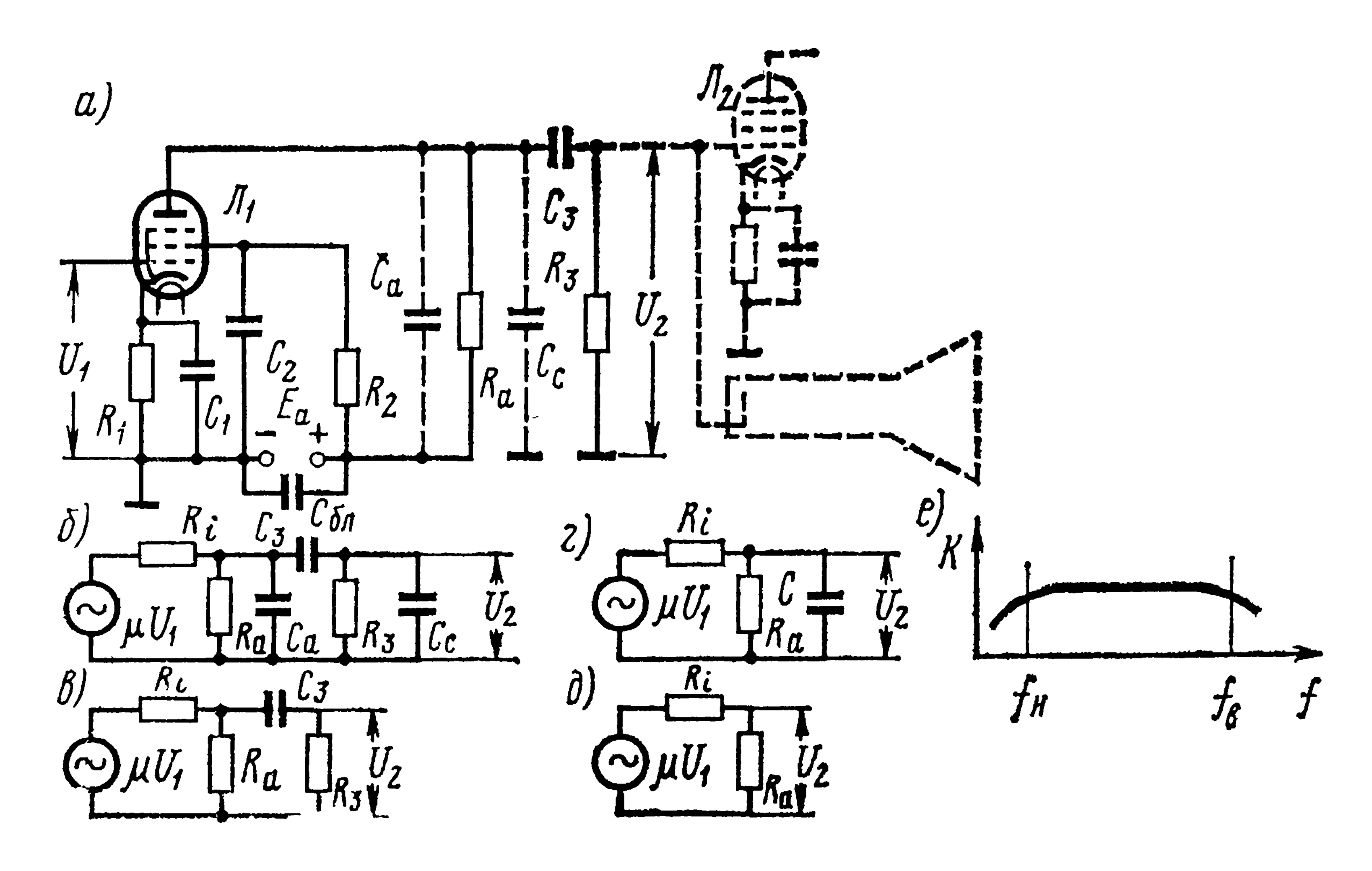


Рис. 12.2. Резистивный видеоусилитель

ем R_i, эквивалентным внутреннему сопротивлению лампы. Нагрузкой этого генератора является резистор R_a, параллельно которому действует емкость C_a, состоящая из выходной емкости лампы видеоусилителя и емкости монтажа. Выделенное на нагрузке R_a усиленное напряжение через переходную цепь C_3R_3 подается на вход следующей усилительной ступени или, если в телевизоре используется однокаскадный усилитель, на модулирующий электрод кинескопа. Известно, что усилительной ступенью является та часть схемы, которая располагается от сетки одного усилительного каскада до сетки следующего каскада или от базы одного транзистора до базы другого. Поэтому при рассмотрении эквивалентных схем видеоусилителя учитываются переходный конденсатор C_3 и резистор утечки R_3 следующего каскада. Параллельно резистору R_3 действует паразитная емкость C_c, которая состоит из входной емкости следующего каскада.

Эквивалентные схемы составлены для переменного тока, поэтому конденсаторы $C_1C_2C_{бл}$ и шунтируемые ими резисторы R_1 и R_2 не показаны, так как они имеют очень малые сопротивления для токов низких частот.

На рис. 12.2*в* дана эквивалентная схема для низких частот видеосигнала. В ней отсутствуют емкости C_a и C_c, так как для низких частот сопротивление этих маленьких емкостей очень большое и, будучи подключенным к нагрузке параллельно, они не оказы-

вают на нее существенного влияния. Из схемы видно, что усиленный сигнал с нагрузки на вход следующей лампы подается через делитель C_3R_3, причем сопротивление конденсатора C_3 возрастает с понижением частоты, поэтому на низких частотах большая часть усиленного сигнала теряется на емкостном сопротивлении этого конденсатора и на вход следующей лампы поступает только та часть напряжения, которая образуется на резисторе R_3. Поэтому на частотной характеристике получается ослабление усиления низких частот (рис. 12.2*е*).

Для высоких частот сопротивление переходной емкости C_3 становится ничтожно малым $\left(XC_3 = \frac{1}{2\pi f C_3}\right)$, поэтому в эквивалентной схеме для высоких частот (рис. 12.2*г*) этот конденсатор не учитывается. Вместе с тем здесь необходимо учитывать емкость $C = C_а + C_с$, которая тоже имеет маленькое сопротивление, но она подключена параллельно нагрузке, поэтому шунтирует ее и ослабляет усиление высоких частот. Здесь не показано также сопротивление резистора R_3, так как оно всегда значительно больше $R_а$ и поэтому несущественно изменяет нагрузку усилительной лампы.

Для средних частот емкостное сопротивление конденсатора большой емкости C_3 уже невелико, а сопротивление емкости $C = C_а + C_с$ еще большое, поэтому влиянием этих емкостей на средних частотах можно пренебречь, и тогда эквивалентная схема примет вид, показанный на рис. 12.2*д*.

Из рассмотрения эквивалентных схем следует, что частотная характеристика резистивного усилителя имеет спады на низких и высоких частотах, причем в видеоусилителе в связи с широкой полосой усиливаемых частот (до 6 МГц) влияние паразитной емкости начинает сказываться уже на частотах нескольких сот герц и полоса частот резко сужается, что является недопустимым, так как приводит к резкому уменьшению четкости изображения из-за потери мелких деталей. Отсюда следует, что для расширения полосы пропускания следует уменьшить величины паразитных емкостей схемы. Это достигается уменьшением монтажных емкостей, рациональным расположением деталей и монтажных проводников, а также применением ламп и транзисторов, обладающих меньшими межэлектродными емкостями. Однако уменьшение паразитной емкости не может быть беспредельным: ее трудно сделать меньше 10—12 пФ. Чтобы даже эта емкость не оказывала большого шунтирующего действия на высоких частотах, следует уменьшать сопротивление нагрузки $R_а$, что, в свою очередь, приводит к уменьшению коэффициента усиления, так как коэффициент усиления $K = SR_а$ при $R_а \ll R_i$.

Тем не менее, несмотря на уменьшение коэффициента усиления, этот путь является приемлемым и нагрузка видеоусилителя не превышает 3 кОм, в то время как резистивный усилитель в радиоприемнике имеет нагрузку 100—200 кОм.

На рис. 12.3 показаны частотные характеристики видеоусилителя для нагрузок различной величины. Из рисунка видно, что с

увеличением нагрузки уменьшается полоса пропускания усилителя, хотя коэффициент усиления при этом увеличивается. Однако даже при малой нагрузке, а значит, при малом усилении расширить полосу усиливаемых частот удается только до 1—2 МГц.

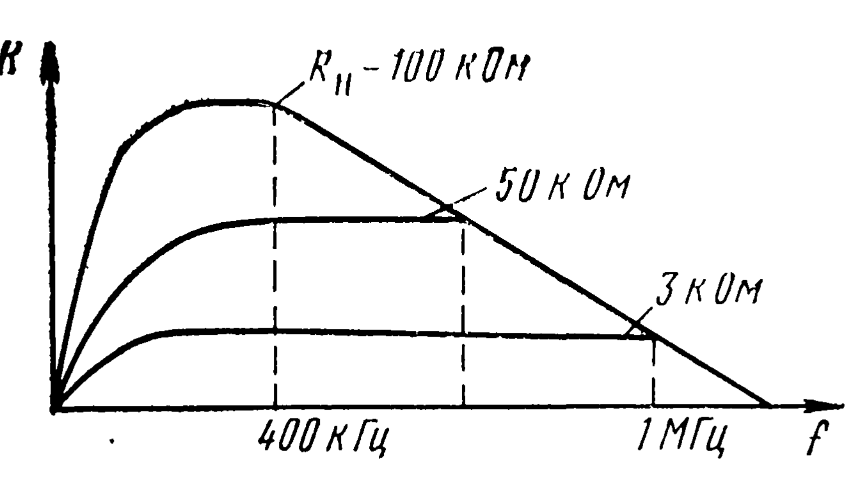


Рис. 12.3. Зависимость полосы пропускания видеоусилителя от величины нагрузки

Дальнейшее расширение полосы пропускания усилителя оказывается возможным при введении в схему усилителя специальной высокочастотной и низкочастотной коррекций, работа которых основана на том, что сопротивление нагрузки возрастает только в данной области частот. Коэффициент усиления в таких схемах повышается за счет использования специальных широкополосных пентодов с большой величиной крутизны S.

12.4. Коррекция видеоусилителя на высоких частотах

Высокочастотную коррекцию осуществляют при помощи индуктивности, которая образует с емкостью $C=C_а+C_с$ последовательный или параллельный колебательный контур. В связи с этим различают последовательную или параллельную коррекцию. Если в одном каскаде используются оба колебательных контура, то коррекцию называют сложной. Следовательно, видеоусилитель имеет как минимум две нагрузки: для частот до 1 МГц нагрузкой служит резистор 2—3 кОм, а для частот от 1 до 5 МГц — колебательные контуры, т. е. можно сказать, что видеоусилитель содержит как элементы УНЧ, так и элементы УВЧ.

Схема параллельной коррекции видеоусилителя показана на рис. 12.4*а*. Здесь последовательно с нагрузкой $R_а$ включается дроссель с индуктивностью L_1 (десятки мкГ). На низких частотах индуктивное сопротивление $X_L=2\pi fL$ крайне мало, и поэтому можно считать, что для низких частот нагрузкой является только резистор $R_а$. С повышением частоты начинают проявляться резонансные свойства колебательного контура, образованного индуктивностью L и емкостью $C=C_а+C_с$. Причем резонансная частота контура выбирается вблизи верхней граничной частоты полосы пропускания и на этой частоте сопротивление контура максимально. На частотах выше резонансной усиление каскада резко падает (рис. 12.4*б*).

Применением параллельной коррекции можно расширить полосу пропускания в 1,8 раза.

Схема видеоусилителя с последовательной коррекцией показана на рис. 12.4*в*. Здесь корректирующая индуктивность L_2 включена так, что она как бы разделяет емкости $C_а$ с $C_с$, шунтирующие нагрузку, и поэтому сопротивление резистора $R_а$ шунтируется не всей паразитной емкостью схемы, а лишь ее частью, что расши-

ряет полосу пропускания. Кроме того, значение индуктивности L_2 подбирается так, чтобы на граничной частоте полосы пропускания усилителя возникал резонанс напряжений в контуре L_2C_2 (последовательный резонанс).

Известно, что при резонансе напряжений напряжение на каждом из реактивных элементов контура получается больше приложенного к нему напряжения в Q раз. В схеме контура L_2C_2 напряжение приложено к емкости $C_а$, а снимается с емкости $C_с$. В резуль-

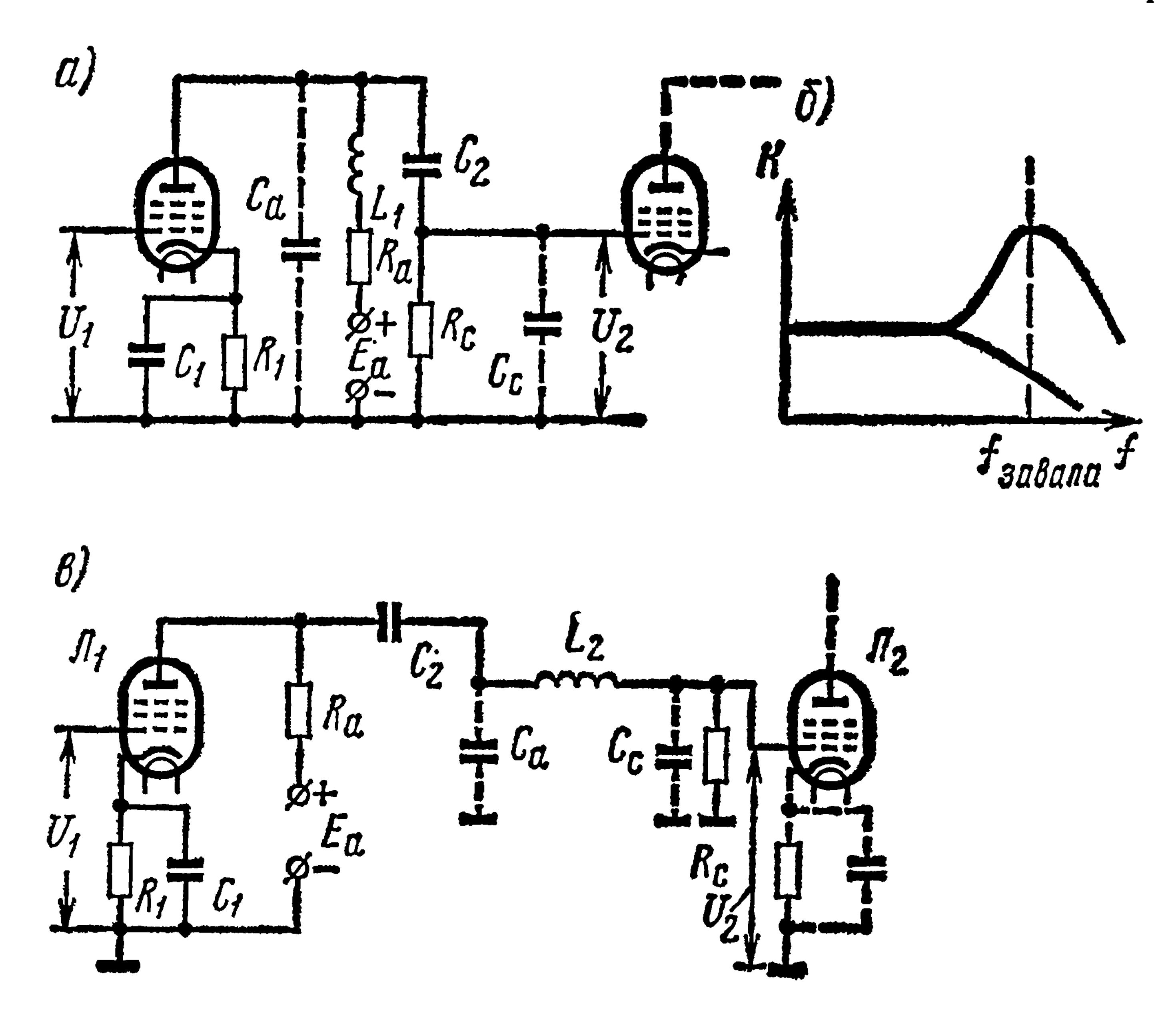


Рис. 12.4. Схемы высокочастотной коррекции видеоусилителя

тате ослабление усиления, которое получается за счет шунтирующего действия емкости $C_а$, компенсируется возрастанием напряжения на емкости $C_с$.

Схема с последовательной коррекцией увеличивает полосу пропускания по сравнению с некорректированным усилителем в два раза.

Обе рассмотренные схемы коррекции можно объединить в одну, сложную схему коррекции (рис. 12.5). Процессы, происходящие в такой схеме, аналогичны тем, которые были разобраны в схемах простой коррекции с одним контуром. Применение сложной коррекции увеличивает полосу пропускания усилителя в 2,5 раза.

Величина корректирующих индуктивностей различна и колеблется от 10 до 100 мкГ. Добротность контуров, образованных этими индуктивностями и паразитными емкостями, обычно большая, поэтому резонансная кривая получается довольно острой. Это может привести к тому, что высшие частоты будут усилены чрезмер-

но и появятся фазовые искажения, в результате которых около мелких деталей изображения образуются яркие окантовки, ухудшающие качество изображения. Подобные искажения телевизионных изображений называют «пластикой».

Для устранения этих искажений корректирующие дроссели шунтируют резисторами, которые снижают добротность рассматриваемых контуров. Практически катушки индуктивности наматываются непосредственно на резисторы.

12.5. Коррекция видеоусилителя на низких частотах

Причиной снижения усиления низших видеочастот является не только наличие в схеме переходного конденсатора, но и развязывающих конденсаторов (которые могут быть электролитическими) в цепях катода и экранирующей сетки усилительной лампы.

Дело в том, что при уменьшении емкости этих конденсаторов или их высыхании сопротивление для низших частот увеличивается и переменная составляющая усиливаемого сигнала создает на катоде и экранирующей сетке переменное напряжение. Это приводит к появлению отрицательной обратной связи в усилителе и, следовательно, к снижению усиления низших видеочастот. Для устранения завала на низших видеочастотах используется схема низкочастотной коррекции (рис. 12.6).

В этой схеме используется RC-фильтр, который включается последовательно с нагрузкой видеоусилителя. Для низких частот

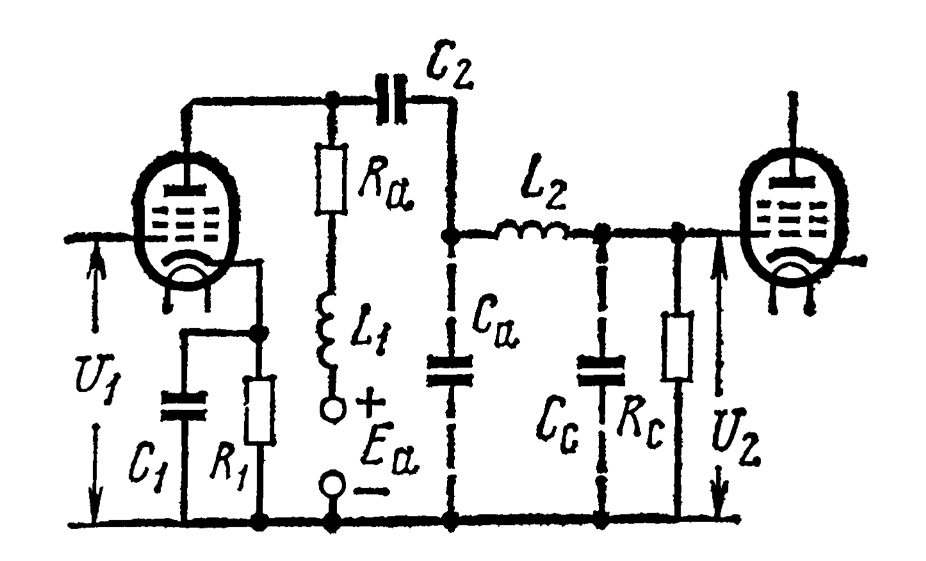


Рис. 12.5. Схема сложной коррекции видеоусилителя

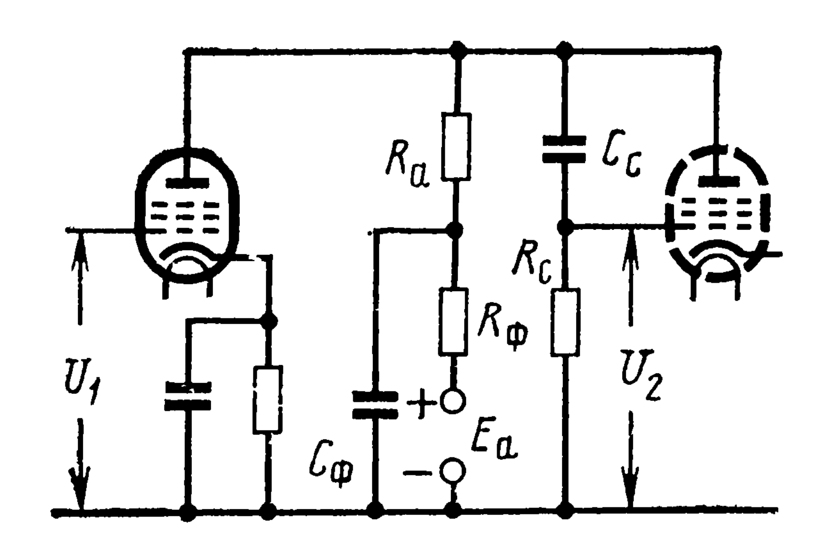


Рис. 12.6. Схема низкочастотной коррекции видеоусилителя

нагрузкой являются сопротивление резистора $R_а$ и фильтр $R_ф C_ф$. Для средних и высоких видеочастот емкостное сопротивление конденсатора большой емкости $C_ф$ ничтожно мало, и оно полностью исключает из схемы сопротивление резистора $R_ф$ на этих частотах. При уменьшении частоты от 300 до 50 Гц шунтирующее действие конденсатора $C_ф$ уменьшается и анодная нагрузка усилителя увеличивается на величину сопротивления фильтра $R_ф C_ф$. Благодаря увеличению нагрузки только для низких видеочастот коэффициент усиления возрастает, чем и компенсируется завал. Наилучшие результаты коррекции получаются при условии равенства постоянных времени переходной цепи и фильтра, т. е. $R_ф C_ф = R_с C_с$.

Из этого следует, что основной причиной ослабления усиления низких частот в схеме видеоусилителя остается переходный конденсатор, поэтому в схемах современных телевизоров при наличии трех-четырех каскадов усиления промежуточной частоты используют однокаскадный видеоусилитель, в котором переходные конденсаторы отсутствуют.

Кроме того, однокаскадный видеоусилитель позволяет легко осуществить передачу постоянной составляющей видеосигнала, потеря которой значительно усложняет работу отдельных блоков телевизора.

12.6. Практическая схема однокаскадного видеоусилителя

На рис. 12.7 показана практическая схема однокаскадного видеоусилителя. В нем нет переходных конденсаторов, что позволяет передать постоянную составляющую видеосигнала и низкие частоты.

Дроссель L_1 и входная емкость усилительной лампы $Л_1$ образуют цепочку последовательной коррекции в цепи управляющей

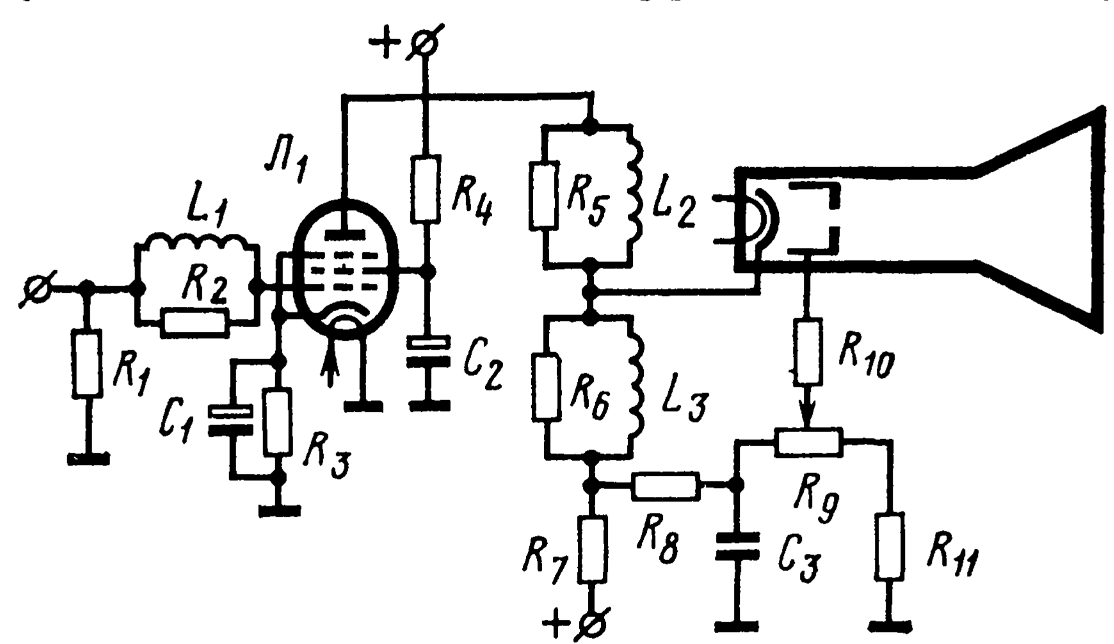


Рис. 12.7. Схема однокаскадного видеоусилителя

сетки, а дроссели L_2, L_3 корректируют частотную характеристику в аноде лампы.

С нагрузки видеоусилителя сигнал подается на катод кинескопа и модулирует электронный луч. Яркость изображения зависит от разности потенциалов между катодом и управляющим электродом (модулятором) кинескопа. Чем меньше эта разность, тем больше ток луча и тем больше яркость изображения и наоборот.

Регулировка яркости изображения осуществляется изменением величины положительного напряжения на управляющем электроде кинескопа за счет изменения положения движка потенциометра R_9.

12.7. Восстановление постоянной составляющей телевизионного сигнала

Как было выяснено в гл. 5, полный телевизионный сигнал содержит постоянную составляющую, которая отражает изменение средней яркости передаваемого изображения и фон, на котором ведется передача. В телевизоре до детектора все составляющие

видеосигнала одинаково хорошо проходят через каскады усиления высокой и промежуточной частот.

После детектирования постоянная составляющая сигнала (напомним, что понятие «постоянная» здесь не точно, так как этот сигнал меняется с частотой 0—3 Гц) не может пройти через переходные конденсаторы, если они имеются в каскадах видеоусилителя или между детектором и видеоусилителем, т. е. происходит потеря постоянной составляющей. При этом будет не точно передана средняя яркость изображения; например, темные кадры станут более светлыми.

На рис. 12.8*а* показаны три осциллограммы видеосигнала с различными уровнями постоянной составляющей. Сигнал *3* расположен ближе к уровню черного, так как он имеет более темный

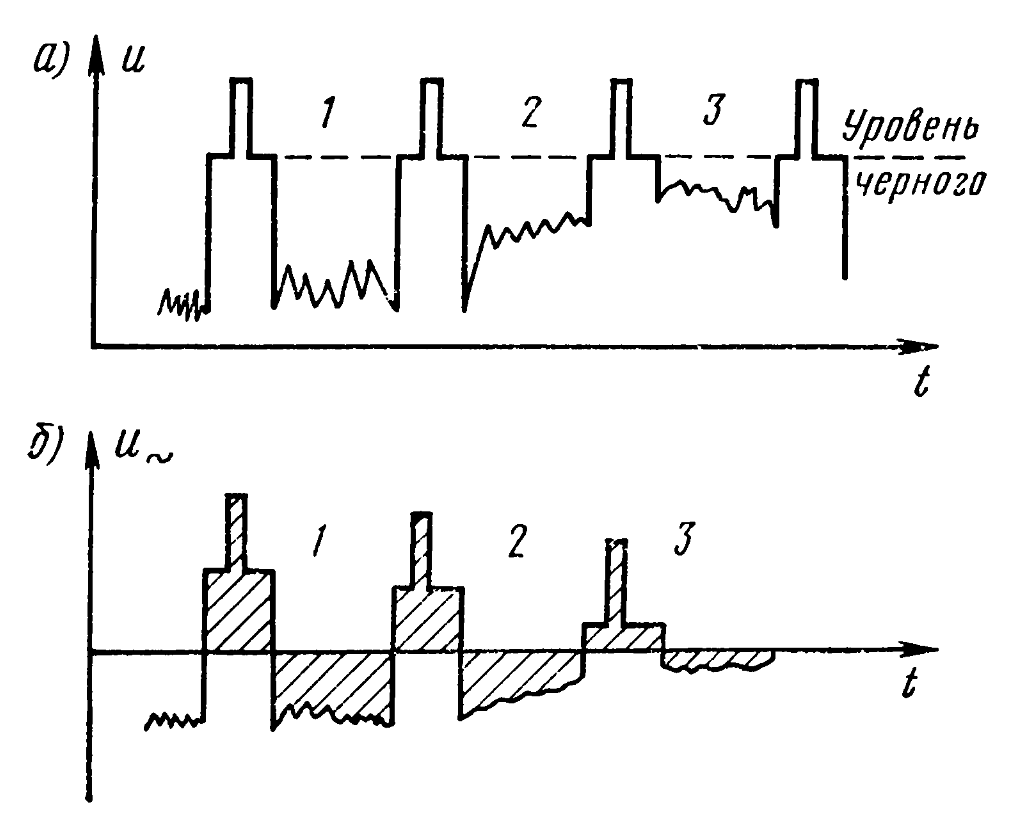


Рис. 12.8. К вопросу о постоянной составляющей видеосигнала:

а) видеосигнал с постоянной составляющей;
б) форма видеосигнала после потери постоянной составляющей

пейзаж, чем сигнал *1* или *2*. При прохождении этих сигналов через переходный конденсатор постоянная составляющая теряется и на усилительную лампу попадает лишь переменная составляющая (рис. 12.8*б*), в результате чего сигнал *3* с темным пейзажем окажется меньшим по амплитуде и не закроет кинескоп даже уровнем черного. На экране кинескопа изображение получится серым.

Очевидно, что для правильного воспроизведения изображения уровни сигналов *2* и *3* (рис. 12.8*б*) необходимо приподнять до уровня сигнала *1*. Этот процесс называется восстановлением постоянной составляющей или привязкой изображения к уровню «черного».

Восстановление постоянной составляющей осуществляют с помощью специальных схем, одна из которых показана на рис. 12.9. В схеме между управляющим электродом кинескопа и шасси включается диод *Д*. Его можно включать и в цепи управляющей сетки первого видеоусилителя, т. е. сразу после детектора, но если в схе-

ме используется несколько каскадов видеоусилителей, то восстановленная постоянная составляющая будет вновь потеряна. Поэтому цепь восстановления постоянной составляющей включают в «конце пути» видеосигнала, т. е. в цепи управляющего электрода или катода кинескопа.

Рассмотрим работу схемы. Видеосигнал отрицательной полярности отпирает диод и заряжает конденсатор C до пикового значения синхроимпульсов. Полярность заряда конденсатора показана на рисунке. Так как видеосигнал чисто переменный, то после

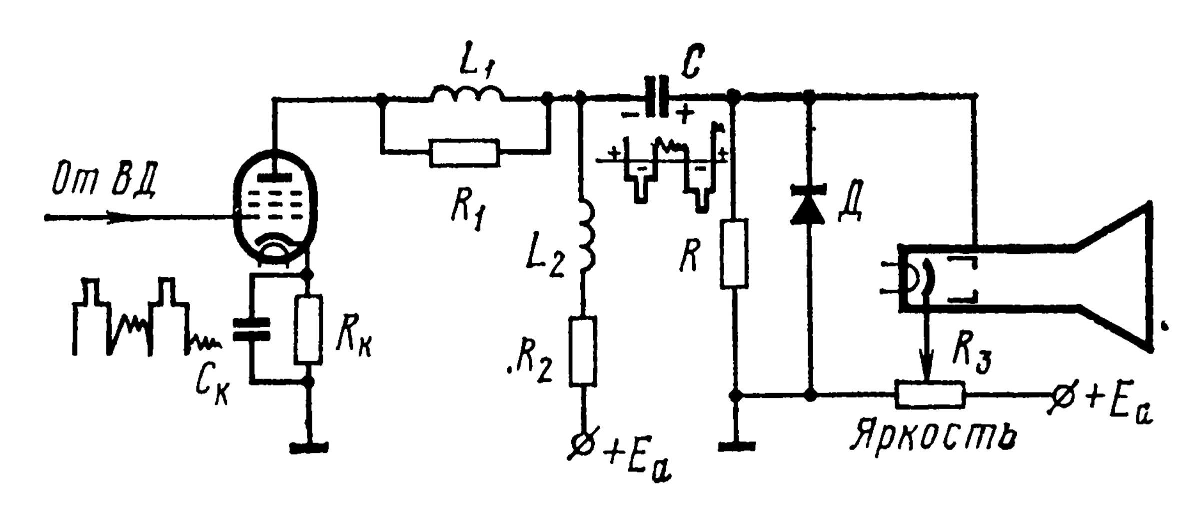


Рис. 12.9. Схема восстановления постоянной составляющей

прохождения гасящего импульса и синхроимпульса диод закроется (положительной частью видеосигнала). Образовавшиеся на конденсаторе положительное напряжение вместе с напряжением, имеющимся на катоде кинескопа, создает смещение, которое обеспечит определенную яркость изображения.

При изменении уровня сигнала, как это было показано на рис. 12.8*б*, сигнал *3* с темным пейзажем имеет меньшую амплитуду, поэтому конденсатор C зарядится до меньшего положительного напряжения, разность потенциалов между модулятором и катодом кинескопа возрастет, а яркость изображения уменьшится, что будет соответствовать воспроизводимому пейзажу.

В промежутках между синхроимпульсами конденсатор C будет разряжаться через сопротивление резистора R. Постоянная времени этой цепи выбирается такой, чтобы конденсатор не успевал существенно разряжаться до прихода следующего синхроимпульса, и вместе с тем такой, чтобы он успевал следить за изменением уровня синхроимпульсов при изменении пейзажа картинки.

При такой работе схемы получается, что на каком бы уровне не поступал гасящий импульс на модулирующий электрод кинескопа, он всегда вызовет запирание луча, т. е. видеосигнал будет привязан к уровню черного.

12.8. Видеоусилитель на транзисторах

В связи с тем, что видеоусилитель представляет собой широкополосный усилитель, в нем должны применяться транзисторы с граничной частотой не менее 20 Мгц.

В настоящее время в каскадах видеоусилителя используются транзисторы с граничной частотой до 10 МГц, которые обеспечи-

вают получение необходимого коэффициента усиления в широкой полосе частот.

Транзисторные видеоусилители содержат обычно два каскада: предварительный и выходной, так как, кроме обеспечения необходимого усиления в широкой полосе частот, они должны еще иметь требуемое входное сопротивление для согласования с видеодетектором, что получить в одном каскаде невозможно.

К предварительному каскаду видеоусилителя предъявляются следующие требования:

1. Обеспечение хорошего согласования входного сопротивления с сопротивлением нагрузки видеодетектора для получения большого коэффициента передачи.

2. Обеспечение низкого выходного сопротивления для хорошего согласования его с малым входным сопротивлением следующего каскада.

3. Обеспечение широкой полосы пропускания.

Обычно в предварительном каскаде видеоусилителя транзистор включается по схеме с общим коллектором (эмиттерный повторитель), поскольку такая схема обладает высоким входным сопротивлением.

Входное и выходное сопротивления эмиттерного повторителя можно определить по приближенным формулам:

$$R_{вх} = \beta R_н; \quad R_{вых} = R_д / \beta,$$

где β — коэффициент усиления по току; $R_д$ — сопротивление нагрузки видеодетектора; $R_н$ — сопротивление нагрузки в цепи эмиттера (оно выбирается от 300 до 1000 Ом).

Если, например, $R_н = 1$ кОм, $\beta = 50$, $R_д = 3$ кОм, то $R_{вх} = 50 \times 1 = 50$ кОм, $R_{вых} = \frac{3000}{50} = 60$ Ом.

Следовательно, входное сопротивление такого каскада 50 кОм незначительно шунтирует нагрузку видеодетектора, равную 3 кОм, а полоса пропускания составляет около 6,5 мГц.

Таким образом, эмиттерный повторитель удовлетворяет всем предъявленным требованиям, однако он имеет коэффициент передачи, близкий к единице, поэтому основное усиление осуществляется в выходном каскаде видеоусилителя.

Выходной каскад должен обеспечить получение размаха видеосигнала для управления лучом кинескопа порядка 40—60 В, поэтому напряжение питания выходного каскада должно быть не менее 80—100 В. В связи с этим в выходном каскаде применяется транзистор с большим пробивным напряжением и большой мощностью рассеивания на коллекторе. Транзистор может быть невысокочастотным, так как для расширения полосы усиливаемых частот применяются схемы коррекции.

В выходном каскаде транзистор включается по схеме с общим эмиттером и имеет низкое сопротивление нагрузки по тем же причинам, что ламповый каскад. Схемы коррекции аналогичны ламповым.

12.9. Практическая схема транзисторного видеоусилителя

На рис. 12.10 показана схема транзисторного видеоусилителя. В этой схеме основное усиление сигнала происходит во втором каскаде, собранном на транзисторе T_2, так как каскад, собранный на транзисторе T_1, является эмиттерным повторителем.

Режим работы эмиттерного повторителя обеспечивается делителем $R_1R_2R_3$. С нагрузки эмиттерного повторителя R_4 видеосигнал отрицательной полярности подается на базу выходного транзистора проводимостью *n-p-n*.

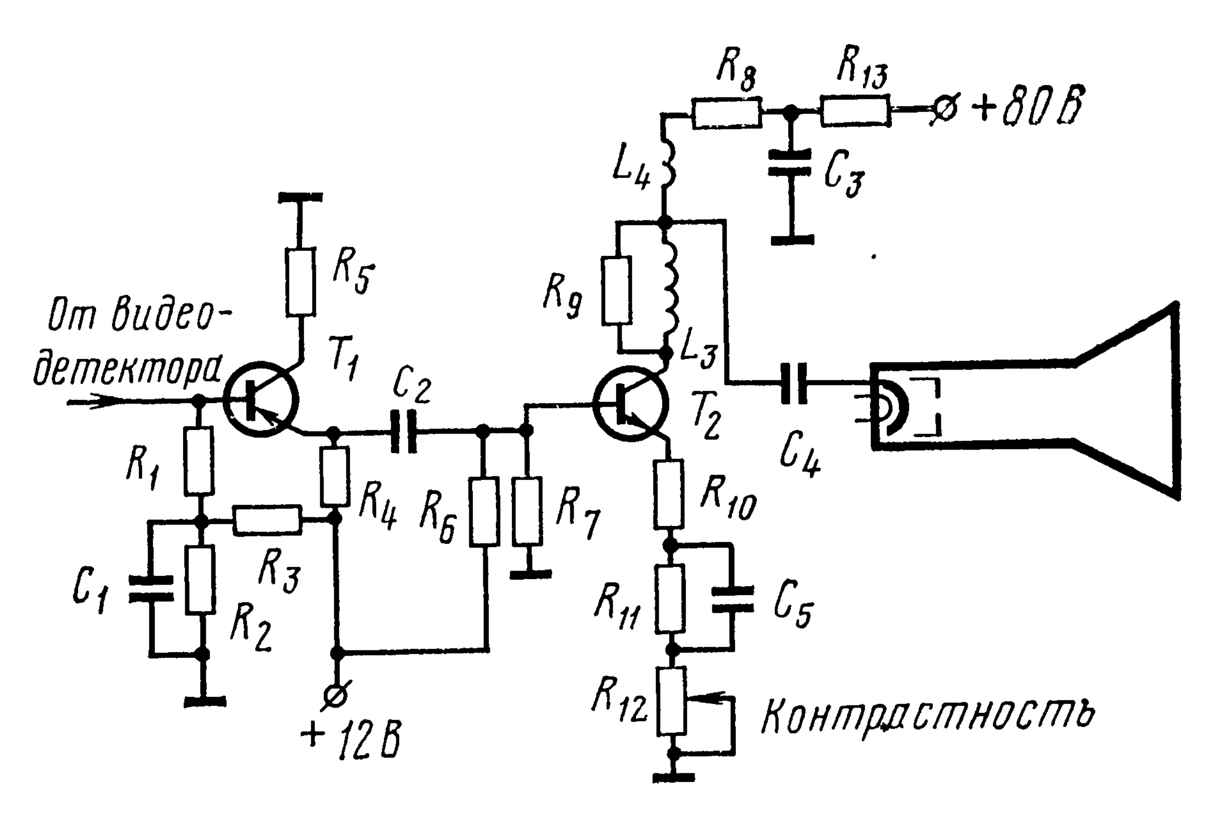


Рис. 12.10. Видеоусилитель на транзисторах

В коллекторной цепи выходного транзистора T_2 применяется сложная высокочастотная коррекция L_3L_4. С коллекторной нагрузки видеосигнал положительной полярности через конденсатор C_4 подается на катод кинескопа.

В эмиттерной цепи выходного каскада осуществляется регулировка контрастности изображения с помощью резистора R_{12}, от сопротивления которого зависит величина отрицательной обратной связи каскада, а следовательно, и его усиление.

Цепь $R_{11}C_5$ является цепью частотной коррекции. Она обеспечивает подъем частотной характеристики на высоких частотах, так как для высоких частот сопротивление конденсатора C_5 уменьшается, а следовательно, уменьшается величина отрицательной обратной связи и коэффициент усиления возрастает.

Питание выходного каскада видеоусилителя осуществляется напряжением около 100 В.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен видеоусилитель?
2. Что показывает переходная характеристика видеоусилителя?
3. Почему видеоусилитель может быть собран только по резисторной схеме?
4. Почему завал высших частот вызывает ухудшение четкости изображения?
5. Почему сопротивление нагрузки видеоусилителя значительно меньше нагрузочного сопротивления в УНЧ радиовещательного приемника?

6. Поясните назначение корректирующих дросселей.
7. К чему приводит потеря постоянной составляющей видеосигнала?
8. Как осуществляется низкочастотная коррекция?
9. В чем заключается смысл восстановления постоянной составляющей видеосигнала?
10. Поясните работу транзисторного видеоусилителя.

Глава 13.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

13. 1. Назначение видеодетектора

С выхода усилителя промежуточной частоты амплитудномодулированный сигнал поступает на вход видеодетектора. Видеодетектор в большинстве телевизоров выполняет две задачи:

1. Выделяет огибающую сигнала промежуточной частоты изображения, обеспечивая получение видеосигнала.

2. Как нелинейный прибор детектирует биения частот между сигналами промежуточных частот изображения и звука, в результате чего образуется сигнал второй промежуточной частоты звукового канала — 6,5 мГц. Понятно, что вторую задачу видеодетектор выполняет только в схемах одноканальных телевизоров, причем в тех из них, где для этой цели не используется специальный детектор.

В телевизионных приемниках обычно применяют диодные детекторы, так как они обладают высокой надежностью и вносят очень небольшие искажения.

В современных схемах отдают предпочтение полупроводниковым диодам, так как они по сравнению с ламповыми имеют целый ряд преимуществ: не потребляют энергии для питания накала, имеют малую собственную емкость, отличаются незначительным сопротивлением в прямом направлении и большой механической прочностью.

13. 2. Схема и работа видеодетектора

Схема видеодетектора (рис. 13. 1*а*) и его работа принципиально не отличаются от схемы и работы диодного детектора обычного вещательного радиоприемника.

На вход детектора подается амплитудномодулированное колебание промежуточной частоты изображения (рис. 13. 1*б*). Благодаря односторонней проводимости диода в схеме возникает пульсирующий ток (рис. 13. 1*в*), содержащий постоянную составляющую, переменную составляющую видеочастоты, которая повторяет форму полного телевизионного сигнала и переменную составляющую промежуточной частоты с рядом ее гармонических составляющих.

Нагрузкой детектора является сопротивление резистора R, зашунтированное конденсатором C.

Величины этих деталей резко отличаются от аналогичных величин в схемах радиоприемников. Известно, что емкостное сопротивление конденсатора C для токов промежуточной частоты и ее гармоник должно быть во много раз меньше сопротивления резистора R, так как только в этом случае токи указанных частот за-

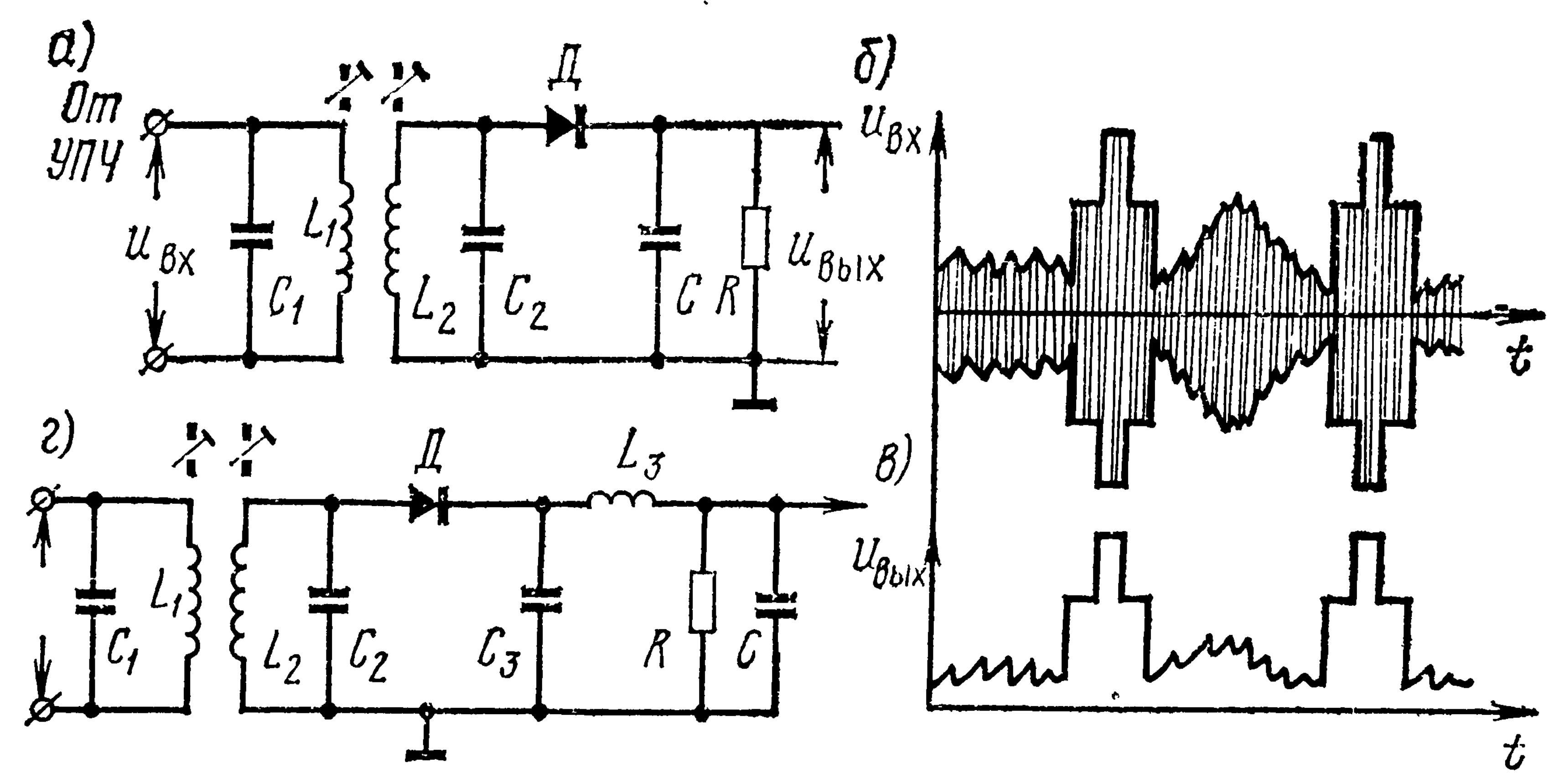


Рис. 13.1. Видеодетектор

мкнутся через конденсатор C и не выделят напряжение на нагрузке. Кроме того, емкость конденсатора C в схеме видеодетектора выбирается еще и из тех соображений, чтобы для высокочастотных составляющих видеосигнала (5,5—6,5 МГц) она составляла сопротивление хотя бы в два раза больше, чем сопротивление нагрузки R с тем, чтобы вся широкая полоса видеочастот выделилась на нагрузке. В противном случае высшие видеочастоты будут заваливаться этой емкостью и не будут воспроизводиться, что приведет к ухудшению четкости изображения. Поэтому если в схемах вещательных приемников сопротивление нагрузки детектора составляет обычно 0,1—0,5 МОм, а шунтирующий конденсатор имеет емкость порядка 100—300 пФ, то в схеме видеодетектора шунтирующую емкость рассчитывают, исходя из соображений ее сопротивления высшим видеочастотам. Она составляет не более 5—10 пФ.

В этом случае по формуле $X_C = \frac{1}{2\pi f_C}$ можно подсчитать сопротивление емкости для частоты порядка 6 МГц:

$$X_C = \frac{1}{6{,}28 \cdot 6 \cdot 10^{6} \cdot 5 \cdot 10^{-12}} \simeq 5 \text{ кОм}.$$

Поэтому сопротивление нагрузки детектора не может быть выбрано более 2—3 кОм.

Таким образом, нагрузка видеодетектора мала, а роль шунтирующей емкости обычно выполняет паразитная емкость схемы. Но

столь малое значение шунтирующей емкости вызывает попадание в нагрузку токов промежуточной частоты и ее гармоник. Это может привести к самовозбуждению схемы, если напряжение, которое выделится на нагрузке от токов промежуточной частоты, попадет через паразитные обратные связи на вход первого каскада усилителя промежуточной частоты. Чтобы устранить это явление, применяют схему видеодетектора с фильтрующим дросселем L_3 (рис. 13.1*г*). Для тока промежуточной частоты и его гармоник индуктивное сопротивление L_3 значительно больше, чем для токов видеочастот. Поэтому токи промежуточной частоты отводятся через конденсатор C_3 и в нагрузку не попадают.

При низкой промежуточной частоте сигналов изображения ее бывает трудно отделить от высокочастотных составляющих видеосигнала. В этих случаях может использоваться схема двухполупериодного детектора. При этом, как известно, частота пульсаций выходного напряжения получается в два раза выше несущей частоты. Поэтому после удвоения промежуточной частоты ее легче отделить от видеосигнала.

В схеме видеодетектора так же, как и в схемах видеоусилителей, используют высокочастотную коррекцию для расширения полосы пропускания, т. е. ставят корректирующие дроссели, которые совместно с распределенной емкостью монтажа образуют резонансные цепи последовательной и параллельной коррекции, компенсирующей влияние шунтирующих емкостей на верхних частотах видеосигнала. В качестве дросселя последовательной коррекции используется фильтрующий дроссель.

13.3. Способы включения видеодетектора

На рис. 13.2 показаны различные варианты схем включения видеодетекторов.

На рис. 13.2*б* и *в* сопротивление нагрузки включено в катод диода, а его анод имеет нулевой потенциал по постоянному току, так как он соединен с шасси. При таком включении диод открывается только тогда, когда на его катод подается отрицательное напряжение, т. е. в данном случае отрицательные полупериоды колебаний промежуточной частоты (рис. 13.2*а*).

Максимальный ток через диод, а следовательно, наибольшее положительное напряжение на нагрузочном сопротивлении получается от сигналов, соответствующих темным местам изображения, гасящих и синхронизирующих импульсов, а наименьшее — белым сюжетам. Такая форма сигнала (рис. 13. 2*г*) носит название негативной по аналогии с фотоснимком на пленке.

На рис. 13.2*д* и *е* нагрузочное сопротивление включено в анод диода, поэтому ток через диод пойдет при подведении к нему положительных полупериодов напряжения и наибольшему току будет соответствовать наибольшее отрицательное напряжение на нагрузке (рис. 13.2*ж*). Здесь самые черные места изображения вы-

зывают уменьшение напряжения на нагрузке, а белые — увеличения, поэтому форма такого сигнала называется позитивной.

При выборе той или другой схемы видеодетектора учитывается, на какой электрод кинескопа — катод или управляющий электрод — подается видеосигнал, так как при подаче на катод сигнал

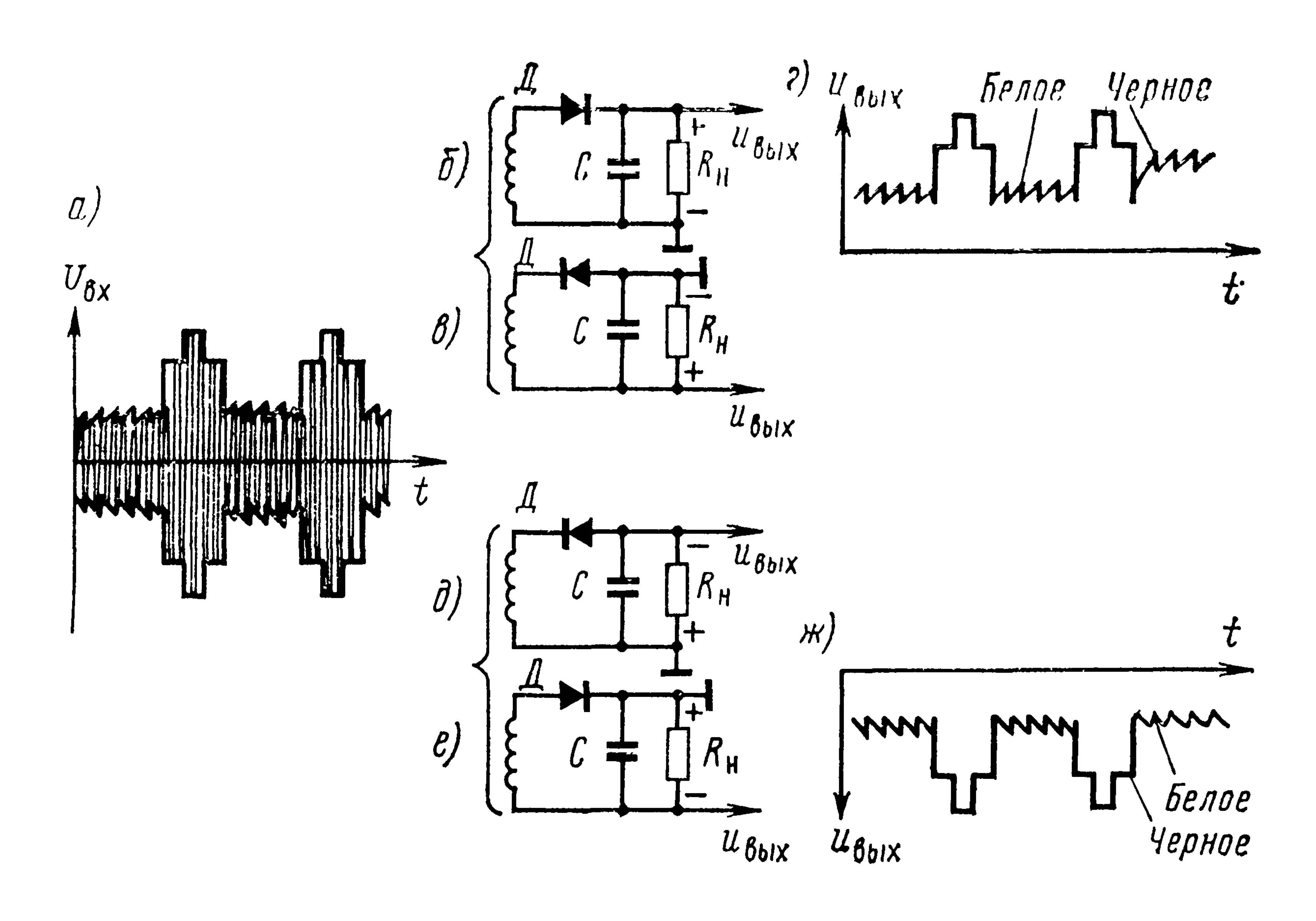


Рис. 13.2. Различные варианты схем включения видеодетектора

должен быть в негативе, а при подаче на управляющий электрод — в позитиве. Это объясняется тем, что в негативном сигнале возрастание положительного напряжения на катоде, соответствующее передаче черного, вызывает уменьшение яркости тока луча. И, наоборот, позитивный сигнал — сигнал отрицательной полярности — будучи поданным на управляющий электрод кинескопа, вызывает запирание тока при максимальном отрицательном напряжении, т. е. тогда, когда передаются черные сюжеты. Кроме того, надо учитывать еще и количество каскадов видеоусилителя, стоящих между детектором и кинескопом, поскольку каждый каскад с анодной нагрузкой поворачивает фазу сигнала на 180°.

В настоящее время повсеместное распространение получили схемы рис. 13.2*д* и *е*, так как в телевизорах используется однокаскадный видеоусилитель и сигнал подается на катод кинескопа.

Схемы рис. 13.2*б* и *в* применяются там, где видеосигнал подается на катод кинескопа и используется двухкаскадный видеоусилитель.

Коэффициент передачи видеодетектора составляет обычно 0,3—0,5.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи выполняет видеодектор в схеме телевизора?
2. Почему сопротивление нагрузки видеодетектора выбирается малым?
3. Каково назначение фильтрующего дросселя в схеме видеодетектора?
4. При каком включении видеодетектора на его нагрузке получается сигнал негативной полярности?
5. Если видеосигнал подается на катод кинескопа и между ними и видеодетектором включен один каскад видеоусилителя, то какой полярности должен быть сигнал на нагрузке видеодетектора?
6. Для чего в схему видеодетектора включается корректирующий дроссель?

Глава 14.

УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

14. 1. Общие сведения

Усилитель промежуточной частоты сигналов изображения (УПЧИ) современного телевизионного приемника является блоком, который во многом определяет качество работы телевизора в целом. Как было установлено в гл. 12, целесообразно видеоусилитель применять однокаскадный, этим обеспечивается передача постоянной составляющей видеосигнала. Поэтому основная часть усиления сосредотачивается в УПЧИ, где подводимые сигналы усиливаются в 1000 и более раз. Следовательно, УПЧИ определяет наиболее важный параметр телевизора — его чувствительность.

Усиление каскада зависит, как известно, от сопротивления нагрузки и крутизны характеристики лампы ($K=SR_a$). Усилители промежуточной частоты изображения имеют широкую полосу пропускания, поэтому нагрузочные колебательные контуры в усилителе обладают низкой добротностью и имеют небольшие сопротивления. Повышение усиления в современных схемах УПЧИ достигается применением ламп с более высокой крутизной (до 30 мА/В).

Наша промышленность выпускает высокочастотные пентоды типа 6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж9П, 6Ж11П и другие, которые обеспечивают необходимый коэффициент усиления при заданной ширине полосы пропускания.

Особенностью схемы УПЧИ в одноканальном телевизоре супергетеродинного типа является еще и то, что в нем одновременно усиливаются напряжения промежуточных частот изображения и звука.

Для получения высококачественного изображения и звука УПЧИ должен иметь равномерную широкую полосу пропускания до 5—6 МГц, линейную фазовую характеристику и высокую избирательность. Кроме того, наличие на входе УПЧИ одной полной боковой полосы частот, а другой частично подавленной, также

предъявляет особые требования к нему. Эти обстоятельства определяют форму частотной характеристики УПЧИ.

На рис. 14.1 показана идеализированная форма частотной характеристики УПЧИ, необходимая для правильного воспроизведения передаваемых сигналов. Действительная характеристика должна максимально приближаться к идеализированной и может отличаться от нее лишь в пределах определенных допусков.

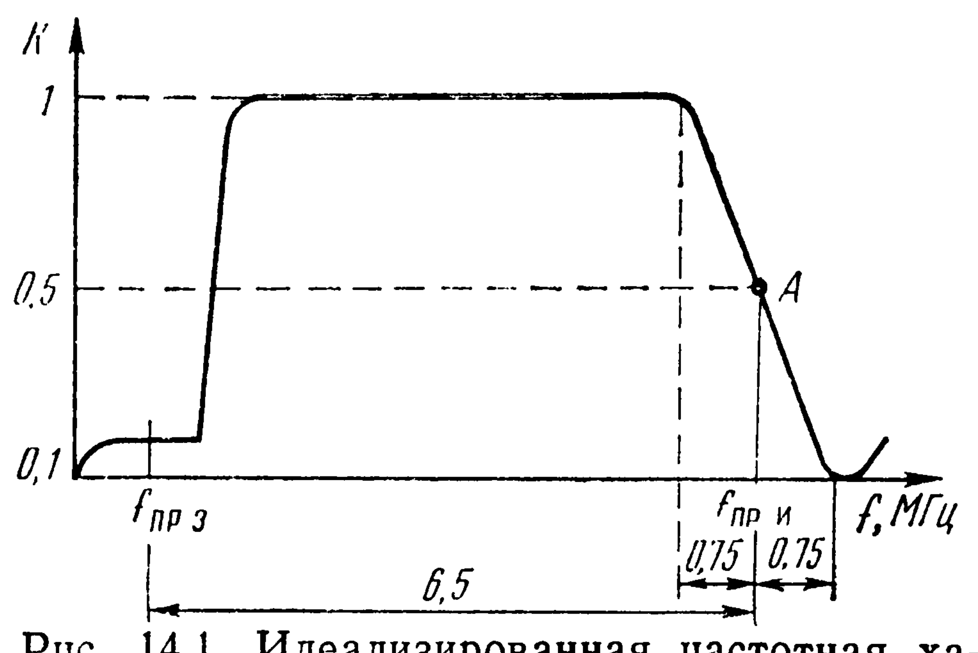


Рис. 14.1. Идеализированная частотная характеристика УПЧИ

Из характеристики видно, что правый склон, где располагается несущая промежуточная частота изображения, пологий. Необходимость пологого склона со стороны несущей изображения объясняется следующими соображениями: подавление нижней боковой полосы осуществляется, как известно, не полностью, и поэтому антенна телецентра излучает часть колебаний этой полосы (порядка 0,75 МГц), расположенную в непосредственной близости к несущей частоте изображения (рис. 14.2*а*). Это значит, что если колебания более высоких частот верхней боковой (незаштрихованная часть) передаются только одной высокочастотной боковой полосой и составляют поэтому лишь 50% от возможной своей величины, какую они имели бы при двухполосной передаче в момент их выделения на нагрузке видеодетектора, то сигналы низших частот (заштрихованная часть) передаются и второй боковой поло-

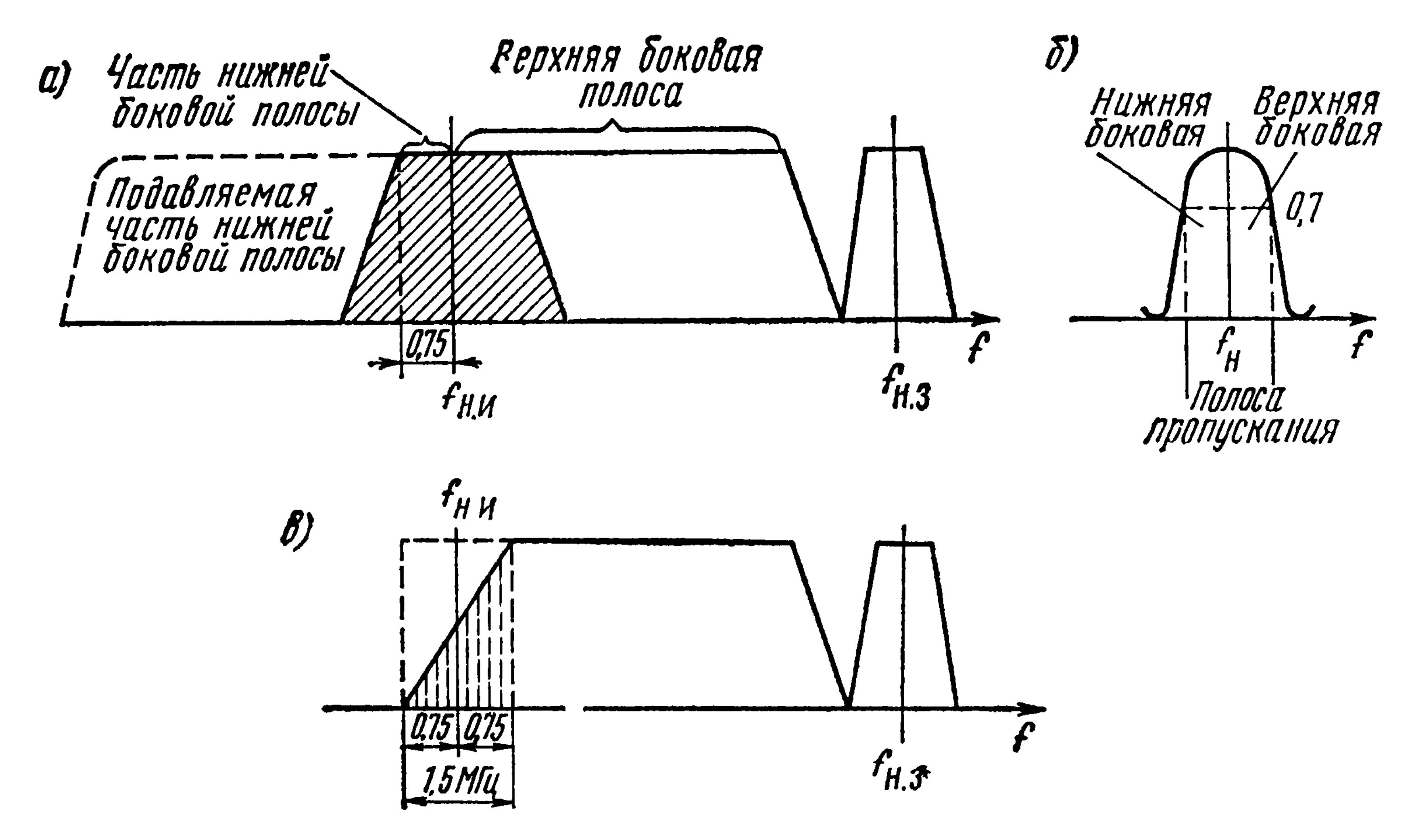


Рис. 14.2. Частотные характеристики радиопередатчиков и телевизоров

сой, а поэтому в видеосигнале на нагрузке детектора их амплитуда будет вдвое больше, что не будет соответствовать действительному распределению амплитуд частотных составляющих в телевизионном изображении.

Для того чтобы скомпенсировать преобладающее значение низкочастотных составляющих сигнала, занимающих спектр в 0,75 МГц, несущая частота изображения в приемном устройстве должна располагаться не на максимуме частотной характеристики (рис. 14.2*б*), где передаются обе боковые полосы, а на середине склона частотной характеристики (рис. 14.2*в*), благодаря чему содержание низкочастотных и высокочастотных составляющих в принятом сигнале уравнивается и приводится в соответствие с их действительным соотношением.

На рис. 14.2*в* пунктиром показано, что при сложении амплитуд частот, расположенных симметрично относительно частоты $f_{н.и}$ по обе стороны на 0,75 МГц, на нагрузке детектора их суммарная амплитуда будет такой же, как и у всех остальных видеочастот.

Чтобы расположить именно так несущую изображения, склон частотной характеристики УПЧИ должен быть пологим в пределах 1,5 МГц (рис. 14.1).

При смещении несущей по склону частотной характеристики вправо от точки *А* (ниже уровня 0,5 на рис. 14.1) происходит ослабление усиления низкочастотных составляющих сигнала изображения, а усиление высокочастотных составляющих соответственно возрастает, при этом уменьшается контрастность изображения и увеличивается четкость. При смещении несущей влево от точки *А* (выше уровня 0,5), наоборот, контрастность увеличивается, а четкость уменьшается. И только при расположении несущей на середине склона изображение будет воспроизводиться правильно.

От левого склона частотной характеристики (рис. 14.1) зависит ширина полосы пропускания УПЧИ, что, в свою очередь, определяет четкость принимаемого изображения. Отсюда следует, что для обеспечения равномерного усиления в УПЧИ широкого спектра частот, т. е. для получения высокой четкости, левый склон характеристики должен быть достаточно крутым. Однако большая крутизна левого склона частотной характеристики вызывает значительные фазовые искажения в области высоких частот видеосигнала, которые ухудшают качество изображения, так как на нем появляются «тянучки», «повторы» и т. д. Практически этот склон характеристики составляет 300—400 кГц. При уменьшении этого значения фазовые искажения становятся недопустимыми.

Левый склон располагается близко к несущей промежуточной частоте звука, которая ниже промежуточной частоты изображения на 6,5 МГц. Объясняется это тем, что частота гетеродина в телевизионных приемниках всегда больше несущих частот изображения и звука и поэтому, если несущая частота звука всегда больше несущей частоты изображения на 6,5 МГц, то после смешивания этих частот с частотой гетеродина промежуточная частота изобра-

жения становится больше промежуточной частоты звука. Например, для первого телевизионного канала:

$f_{н.и}=49{,}75$ МГц; $f_{н.з}=56{,}25$ МГц; $f_г=84$ МГц; $f_{пр}=f_г-f_н$, поэтому $f_{пр.и}=84-49{,}75=34{,}25$ МГц, $f_{пр.з}=84-56{,}25=27{,}75$ МГц.

Значения этих промежуточных частот принимались в телевизорах, выпускаемых до 1962 г. Затем ГОСТ были установлены новые, более высокие значения для промежуточных частот:

$f_{пр.и}=38$ МГц, $f_{пр.з}=31{,}5$ МГц.

Новые значения промежуточных частот приняты в системе «Интервидения». Гармоники этих частот не совпадают ни с одной несущей частотой телевизионных каналов, что исключает появление помех при недостаточной экранировке видеодетектора. Дело в том, что видеодетектор искажает синусоидальную форму $f_{пр}$, что и приводит к появлению гармоник. Эти гармоники через паразитные емкости поступают на вход телевизора и если они близки к частотам несущих, то возникают биения, создающие помехи. Это явление при повышении промежуточных частот устраняется.

Плоская часть частотной характеристики не должна иметь значительных провалов, так как это вызовет плохую передачу полутонов средних деталей изображения, появление серых линий и белых «хвостов» около вертикальных черных линий.

Избирательные свойства УПЧИ определяются формой его частотной характеристики вне полосы пропускания, так как это определяет степень подавления мешающих сигналов в телевизоре.

Сигналам изображения мешают:

1. Сигнал собственного звукового сопровождения. Как указывалось ранее, УПЧИ в одноканальных схемах усиливает одновременно сигналы изображения и звука и после видеодетектора, если сигнал звукового сопровождения будет иметь большой уровень, образуется помеха в виде сигнала звуковой частоты, которая вызывает на экране телевизора полосы в такт со звуком. При передаче сигнала звукового сопровождения на уровне, превышающем 5—10% величины напряжения сигнала изображения, помеха на экране телевизора не заметна. Для этого участок частотной характеристики УПЧИ, в середине которого расположена промежуточная частота звука, должен располагаться на уровне 0,1—0,05 от уровня характеристики в полосе пропускания, причем этот участок должен представлять собой ступеньку ровного уровня в пределах 0,5 МГц. Величина ступеньки делается несколько шире полосы частот, которую занимает частотномодулированный сигнал звукового сопровождения. Это необходимо для того, чтобы при уходе частоты гетеродина сигнал звукового сопровождения не попал в полосу пропускания сигналов изображения.

2. Сигналы несущих частот звука и изображения соседних каналов, напряжение которых должно быть ослаблено до видеодетектора по отношению к напряжению сигнала изображения не ме-

нее чем в 30—100 раз. Такие высокие требования к избирательности телевизора необходимы при многопрограммном вещании.

В табл. 14.1 для каждого телевизионного канала указаны ближайшие по частоте мешающие станции и величина расстройки относительно несущей частоты изображения канала, на котором ведется прием.

Таблица 14.1

Помехи от соседних телевизионных каналов

Каналы		Расстройка относительно несущей частоты изображения, МГц	Каналы		Расстройка относительно несущей частоты изображения, МГц
полезный	мешающий		полезный	мешающий	
I	II	+9,5	VII	VIII	+8
II	I	—3	VIII	VII	—1,5
III	IV	+8	VIII	IX	+8
IV	III	—1,5	IX	VIII	—1,5
IV	V	+8	IX	X	+8
V	IV	—1,5	X	XI	—1,5
VI	VII	+8	XI	XII	+8
VII	VI	—1,5	XII	XI	—1,5

Из таблицы следует, что мешающими сигналами для несущей частоты изображения принимаемого канала являются в основном сигналы с расстройками относительно $f_{\text{н. из}}$ —1,5 МГц и +8 МГц, что поясняется дополнительно рис. 14.3.

Таким образом, с учетом изложенного частотная характеристика УПЧИ одноканального телевизора должна иметь вид рис. 14.4.

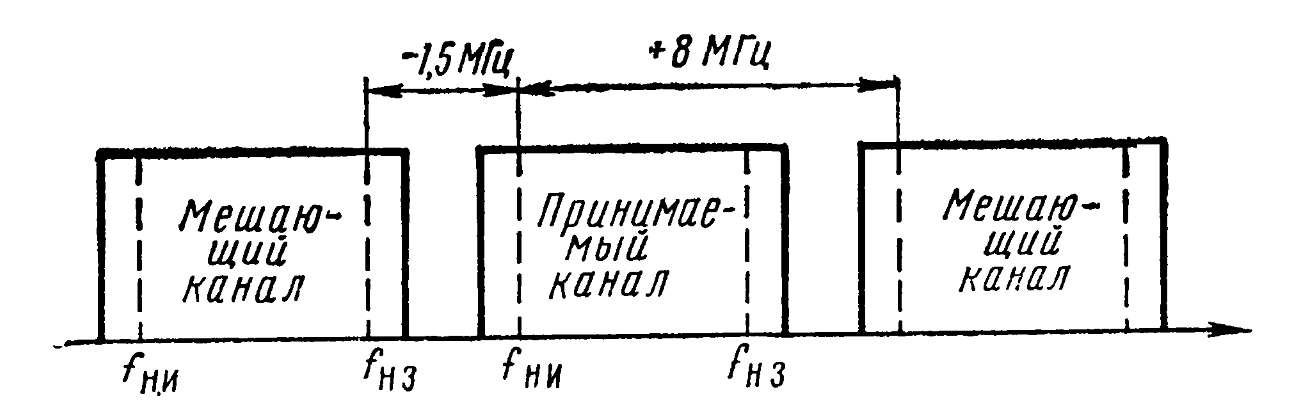


Рис. 14.3. Мешающее действие соседних каналов

Ширина полученной полосы пропускания отсчитывается между линиями, пересекающими частотную характеристику УПЧИ справа на уровне 0,5 и слева на уровне 0,7. Чем шире эта полоса, тем выше четкость изображения. Из частотной характеристики следует также и то, что в полосе пропускания она имеет форму, близкую к прямой линии, которая идет параллельно оси частот. Это значит, что усилитель для этих частот представляет чисто активное сопротивление и поэтому фазовых искажений в этой полосе не будет. На склонах частотная характеристика достаточно круто спадает к

оси частот, это значит, что здесь не все частоты усиливаются равномерно, т. е. нагрузка усилителя не чисто активная, и в этом случае фазовые искажения неизбежны. Вот почему чем больше крутизна склона (чем выше избирательность), тем больше фазовые искажения.

Наиболее неприятными для зрителя являются искажения видеосигнала, передающего крупные детали изображения, т. е. иска-

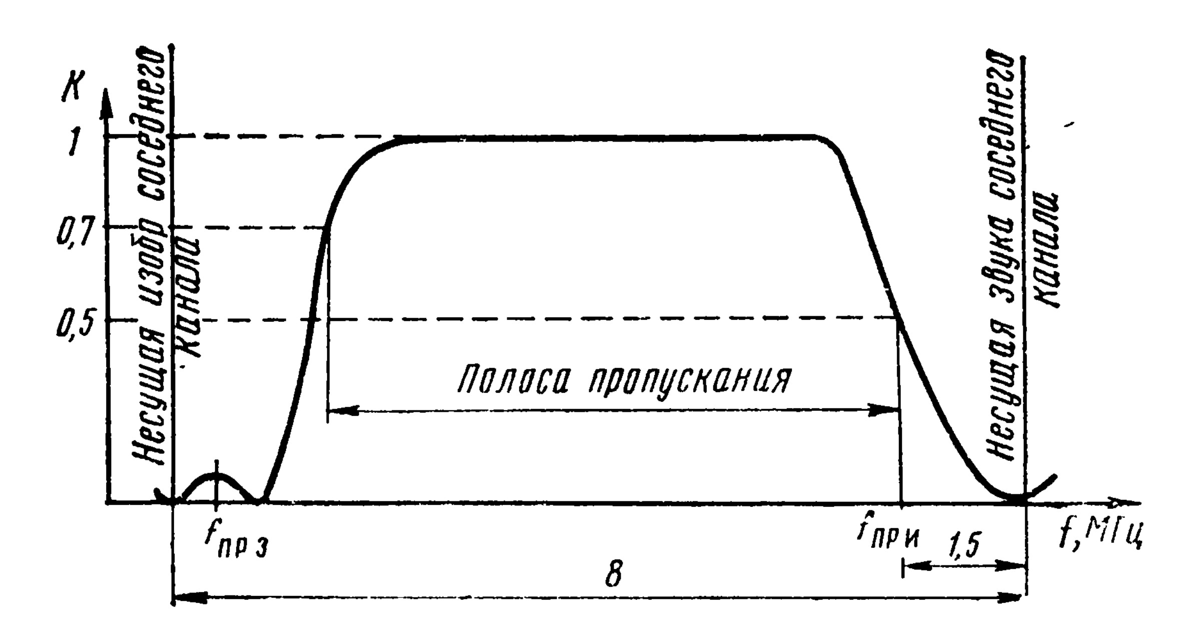


Рис. 14.4. Частотная характеристика УПЧИ одноканального телевизора

жения на низких частотах, так как в этом случае слева от крупных черных предметов зритель видит серые переходы. Уменьшению этого эффекта способствует то, что правый склон характеристики, где располагаются низкие частоты, пологий.

В § 14.2 будет рассмотрено, каким образом при помощи различных фильтров, применяемых для формирования частотной характеристики, удовлетворяются требования, предъявляемые к каналу УПЧИ современного телевизионного приемника по усилению, избирательности, ширине полосы пропускания и искажений принимаемого сигнала.

В телевизорах распространены несколько различных схем УПЧИ: со взаиморасстроенными контурами, с Т-фильтром, с М-фильтром, с фильтром типа «дифференциальный мост».

14.2. Схема УПЧИ с взаиморасстроенными контурами

На рис. 14.5*а* показана трехкаскадная схема УПЧИ, а на рис. 14.5*б* — ее частотная характеристика. В схеме анодными нагрузками усилительных ламп являются одиночные колебательные контуры, настроенные на различные резонансные частоты, расположенные в полосе пропускания. Контуры шунтированы резисторами для обеспечения требуемой ширины полосы пропускания. Частотная характеристика каждого контура одногорбая. Результирующая частотная характеристика получается в результате перемножения трех характеристик. Такой способ формирования требуемой частотной характеристики прост, а полученные пологие склоны в результате использования резонансных систем обеспечи-

вают отсутствие фазовых искажений. Однако такая система не обладает достаточной избирательностью по отношению к мешающим сигналам, и для окончательного формирования частотной характеристики в ней используются режекторные контуры, с помощью которых резко снижается усиление на мешающих частотах.

В рассматриваемой схеме режекторные контуры: L_1C_1, L_3C_3, L_5C_5. Их работа заключается в следующем. Режекторный контур

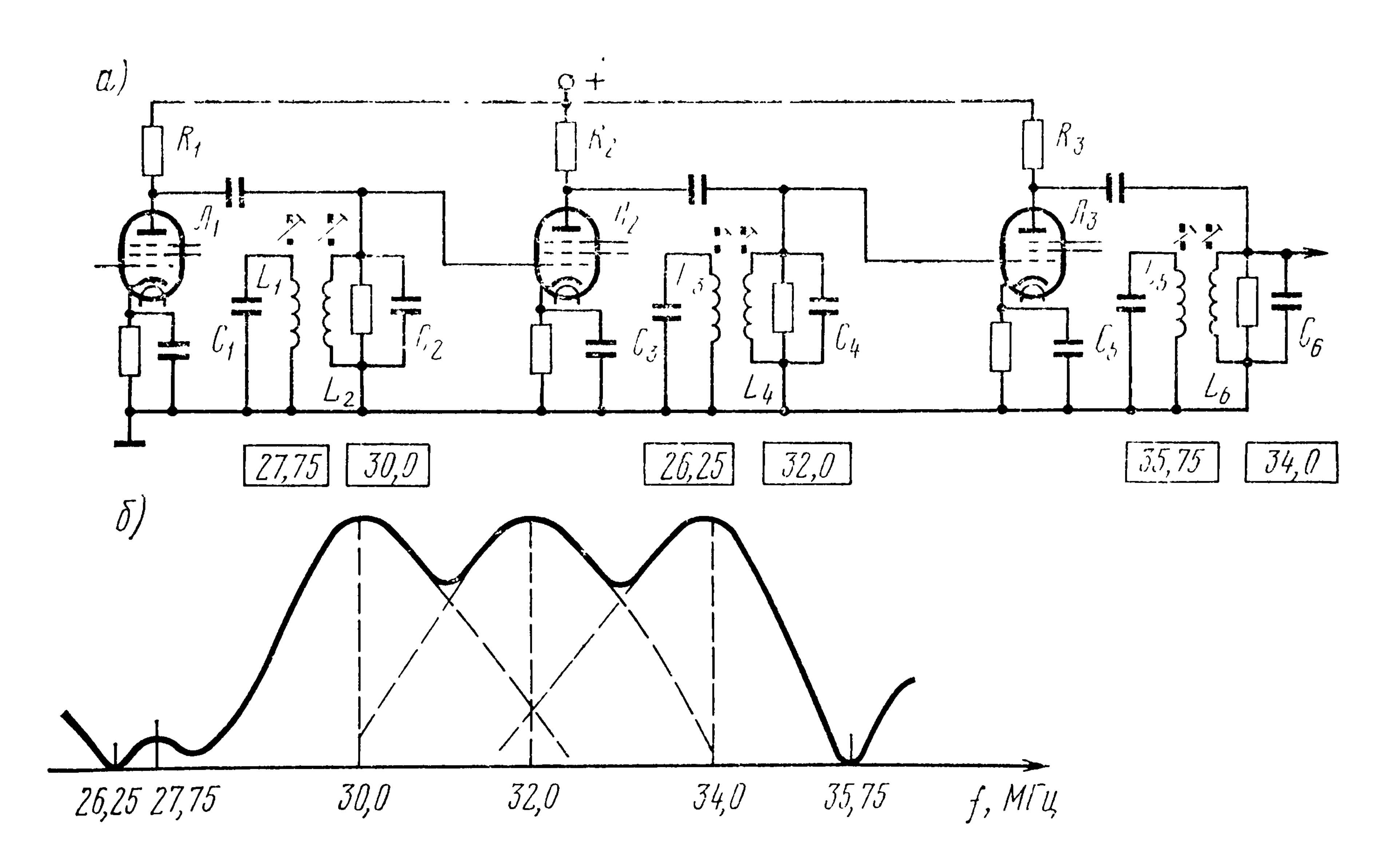


Рис. 14.5. УПЧИ со взаиморасстроенными контурами:
а) принципиальная схема; *б)* частотная характеристика

представляет собой замкнутый контур, индуктивно связанный с основным усиливающим контуром. На резонансной частоте полное сопротивление режекторного контура минимально и определяется малым активным сопротивлением катушки индуктивности. Таким образом, для резонансной частоты получается как бы короткозамкнутый виток, сильно связанный с катушкой основного контура. Этот виток отбирает энергию на режектируемой частоте из основного контура, что и вызывает уменьшение усиления каскада только для данной частоты.

Недостатком такого способа режекции является то, что при сильной связи между контурами образуется двугорбая резонансная кривая с провалом на резонансной режектируемой частоте и паразитными максимумами за точкой режекции, которые ухудшают избирательность УПЧИ. Поэтому в схеме со взаиморасстроенными контурами для устранения паразитных максимумов за точкой режекции применяются еще дополнительные режекторные контуры. Таким образом, количество контуров основных и режекторных велико, а настройка получается сложной.

14.3. Схема УПЧИ с Т-фильтром

Схема УПЧИ с *T*-фильтром предложена советским ученым Я. И. Эфрусси и представляет собой комбинацию фильтров верхних и нижних частот, совмещенных в одном каскаде. Работа фильтров рассматривается отдельно.

Схема фильтра нижних частот и его характеристика показаны на рис. 14.6*а*. Здесь каскад собран на лампе $Л_1$. Его нагрузкой является последовательная ветвь, которая содержит конденсатор C_1 и контур LC. Элементы контура LC подобраны так, что он носит индуктивный характер. В схеме возникает два резонанса: резонанс напряжений на частоте f_1 в контуре C_1LC (усиление минимально) и резонанс токов на частоте f_2 в контуре C_aC_1LC (усиление максимально).

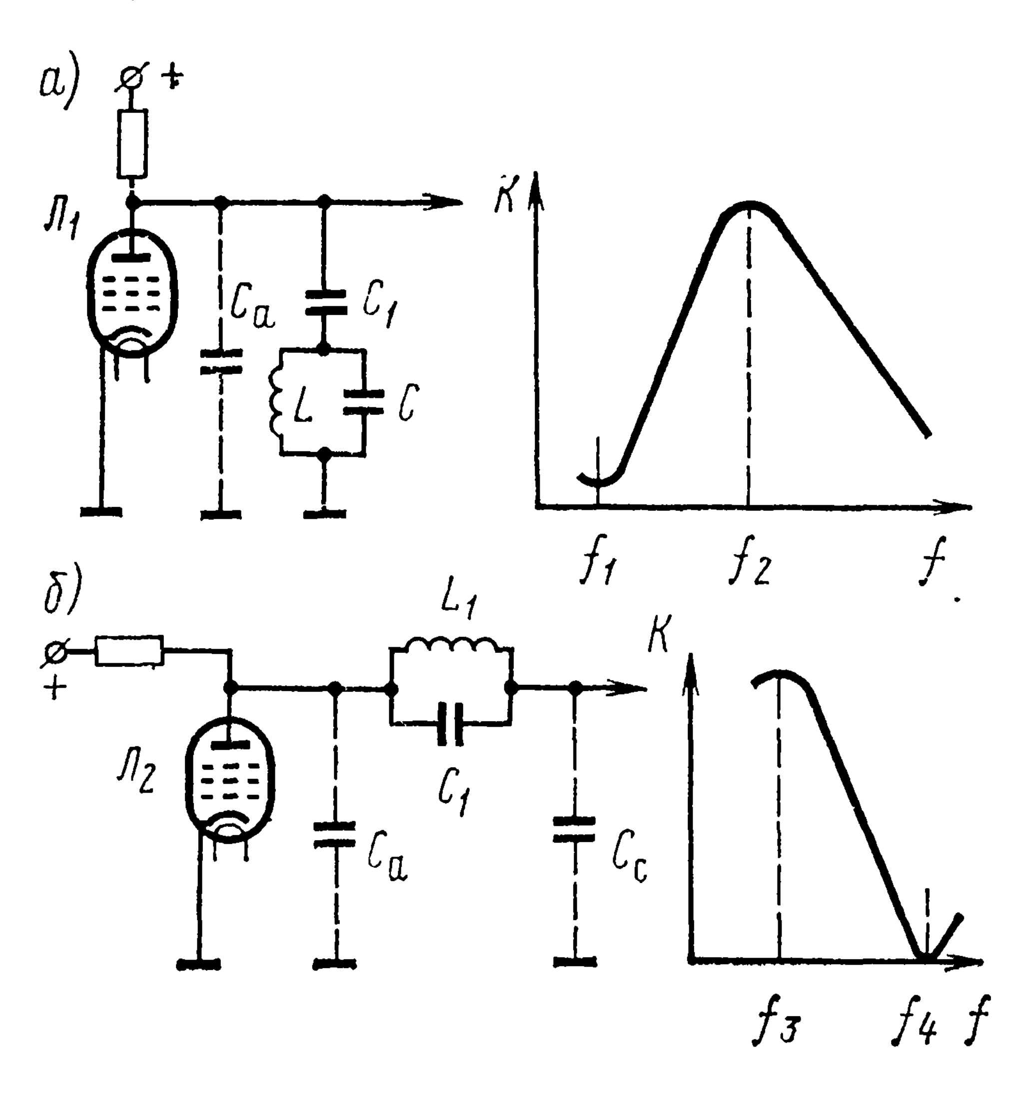


Рис. 14.6. Схемы и частотные характеристики фильтров:

а) нижних частот; б) верхних частот

Частота f_2 выше частоты f_1, так как емкостное сопротивление резонансного контура LCC_aC_1 составляют два конденсатора C_a и C_1, соединенные последовательно (C_a— выходная емкость лампы $Л_1$ и емкость монтажа). Общая емкость в этом случае меньше, так как $C_{общ} = \frac{C_a \cdot C_1}{C_a + C_1}$, а частота настройки контура выше.

Если элементы схемы подобраны так, чтобы частота f_1 соответствовала значению промежуточной частоты звука, то описанным фильтром нижних частот частота $f_{пр.з}$ будет подавлена без дополнительных режекторных контуров.

Достоинством фильтра является еще и то, что частота минимального усиления f_1 не зависит от межэлектродных емкостей ламп и, следовательно, качество режекции не нарушается при их замене. Выбором значения частоты f_2 можно регулировать крутизну левого склона частотной характеристики.

Как видно из работы схемы, этот фильтр подавляет более низкую частоту (отсюда название: фильтр нижних частот), а усиливает более высокие частоты, поэтому его еще иногда называют усилителем верхних частот *T*-каскада. Недостатком рассмотренного фильтра является то, что он имеет несимметричную частотную характеристику, которую трудно сочетать с обычными резонансными колебательными системами.

Схема фильтра верхних частот и его частотная характеристика показаны на рис. 14.6*б*. В схеме нагрузкой усилительной лампы является колебательный контур L_1C_1; $C_а$ — выходная емкость лампы и емкость монтажа; $C_с$ — входная емкость следующего каскада и емкость монтажа.

Этот фильтр обладает также двумя резонансами: резонансом токов контура L_1C_1 [этот контур для резонансной частоты представляет фильтр-пробку, поэтому усиление минимально (частота f_4)] и резонансом токов контура $L_1C_1C_аC_с$ на частоте f_3, так как к емкости C_1 прибавляются последовательно-соединенные емкости $C_а$ и $C_с$; общая емкость контура в этом случае возрастает, а частота резонанса уменьшается.

Частотная характеристика фильтра верхних частот (или усилителя нижних частот) определяет правый склон частотной характеристики УПЧИ, на котором располагается промежуточная частота изображения, поэтому склон не должен быть крутым.

Частота f_3 — это одна из частот полосы пропускания УПЧИ, а f_4 — мешающая частота соседнего канала, отстоящая от частоты $f_{пр.\,и}$ на 1,5 МГц. Эта частотная характеристика имеет тот же недостаток, что и частотная характеристика фильтра нижних частот.

Суммарная частотная характеристика УПЧИ, первым каскадом которого является фильтр нижних частот, а вторым — фильтр верхних частот, будет иметь, очевидно, двугорбую форму с провалом посередине. Добавив третий каскад УПЧИ с одиночным контуром, настроенным на частоту провала, можно получить почти плоскую форму суммарной частотной характеристики. Тогда УПЧИ будет обладать требуемой полосой пропускания и избирательности, но очень низким усилением. Поэтому в телевизионных приемниках совмещают фильтры верхних и нижних частот в одном каскаде, который называется *T*-каскадом (рис. 14.7*а*).

Напомним, что при колебательном процессе в контуре всегда в какой-то точке индуктивной или емкостной ветви мгновенное значение напряжения равно нулю. Это обстоятельство позволяет составить конденсатор фильтра верхних частот из двух последовательно соединенных конденсаторов C_3 и C_4, а при соответствующем подборе емкостей напряжение между точкой их соединения *O* и шасси будет равно нулю. Это позволяет включить в точку *O* нагрузочный контур фильтра нижних частот L_2C_2.

Для предотвращения связи между фильтрами используется мостовая схема, составленная конденсаторами $C_3C_аC_сC_4$ (рис. 14. 7*б*). Как видно из схемы, фильтры включены в разные диагонали моста, поэтому когда мост сбалансирован, настройка фильтров независима. Это является несомненным достоинством схемы. Частотная характеристика *T*-каскада показана на рис. 14.7*в*. Она получена с помощью четырех резонансных систем. Частоты настройки указаны на характеристике.

Форма частотной характеристики двугорбая, а усиление *T*-каскада немногим меньше усиления двух обычных каскадов (рис. 14.6*а*, и 14.6*б*), вместе взятых. Кроме того, *T*-каскад обес-

печивает высокую избирательность не в одной точке, как схемы с режекторными контурами, но и дальше от режектируемой части, а регулировка УПЧИ с *Т*-каскадом менее трудоемка, чем регулировка схемы со взаимно расстроенными контурами. Это объясняется не только меньшим количеством контуров и отсутствием влияния настройки одного контура на частоту другого, но и определенностью задач контуров; так, контур L_2C_2 настраивается на частоту режекции, а настройка контура $L_1C_3C_4$ определяет положение несущей частоты изображения.

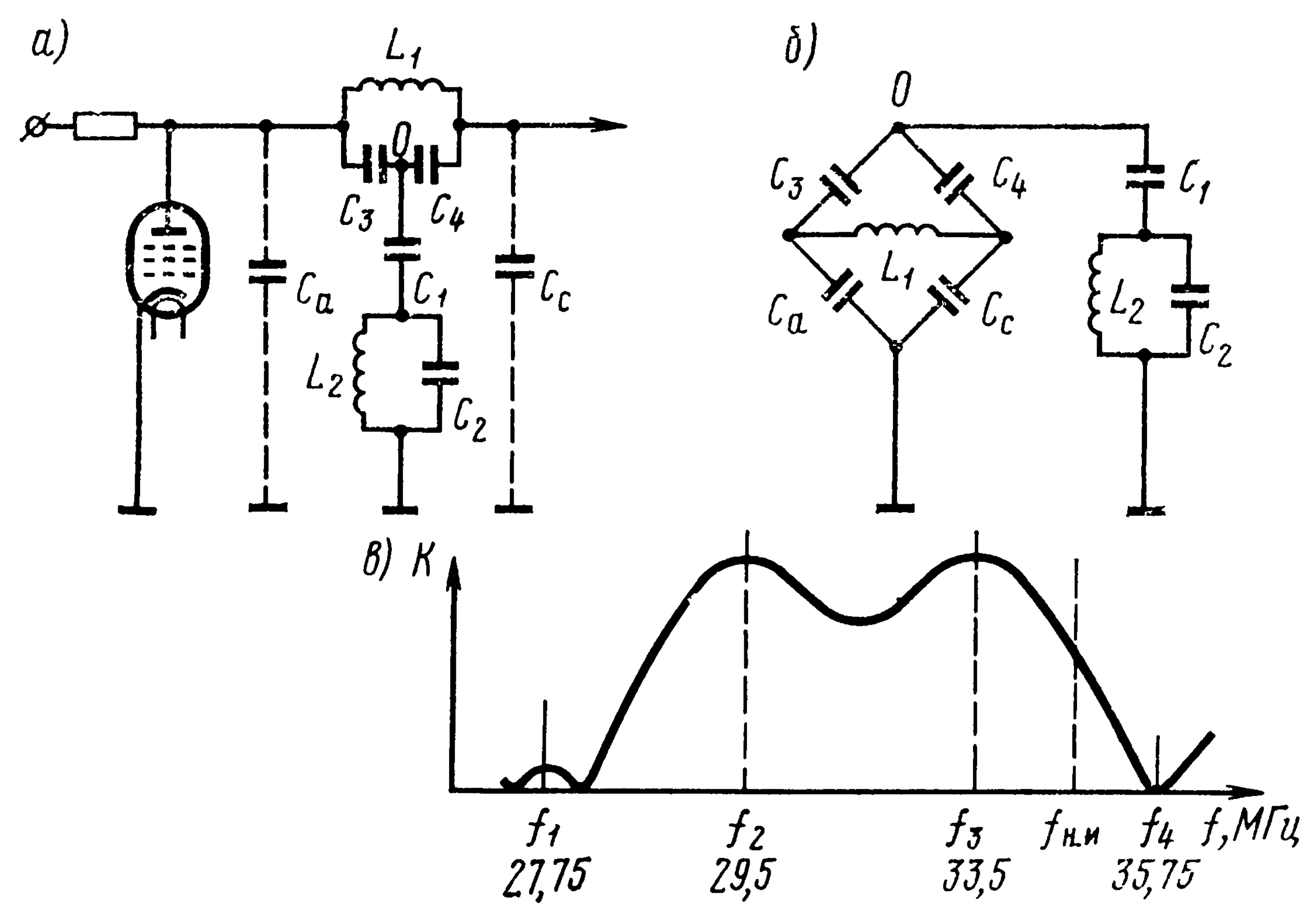


Рис. 14 7. Схема УПЧИ с *Т*-фильтром

сущей частоты изображения. Остальные контуры схемы УПЧ предназначены для выравнивания результирующей частотной характеристики и легко настраиваются визуально по кривой, наблюдаемой на экране прибора настройки телевизоров.

Недостатками *Т*-каскада являются относительно небольшое усиление на средней частоте полосы (3—4 раза) и высокая крутизна склонов частотной характеристики, приводящая к фазовым искажениям.

14.4. Регулировка четкости изображения в Т-каскаде

Как указывалось в § 14.1, перемещение несущей частоты изображения по склону частотной характеристики может дать повышение четкости изображения. Опыт эксплуатации телевизоров показывает, что не всегда наилучшая четкость обеспечивается при размещении несущей на уровне 0,5, так как большую роль в передаче высших частотных составляющих телевизионного сигнала играет еще разброс параметров телевизионных передатчиков и других составных частей телевизионного тракта. Поэтому целесообразно иметь возможность изменять (регулировать) положение несущей изображения в телевизионных приемниках для обеспече-

ния лучшей четкости изображения. Такая регулировка получила название *Регулировка четкости* или *Коррекция четкости.*

В УПЧИ телевизоров широко применяются различные схемы «коррекции четкости» с изменением резонансной частоты контуров, определяющих форму частотной характеристики УПЧИ со стороны несущей изображения. Это также дает возможность изменять уровень расположения несущей на склоне частотной характеристики, а иногда и крутизну склона. Имеется много схем регулировки четкости, и отличаются они друг от друга лишь способами воздействия на частоту контура.

В качестве примера рассмотрим схему регулировки четкости, которая осуществляется в *Т*-каскаде (14.8*а*). В схеме склон, на котором располагается несущая изображения, формируется контуром $L_1C_3C_4$; перестройка контура осуществляется изменением величины его емкости путем дополнительного подключения конденсатора C_2 черед диод $Д_1$ при перемещении движка регулятора четкости. Анод диода соединяется с анодом усилительной лампы и имеет его потенциал.

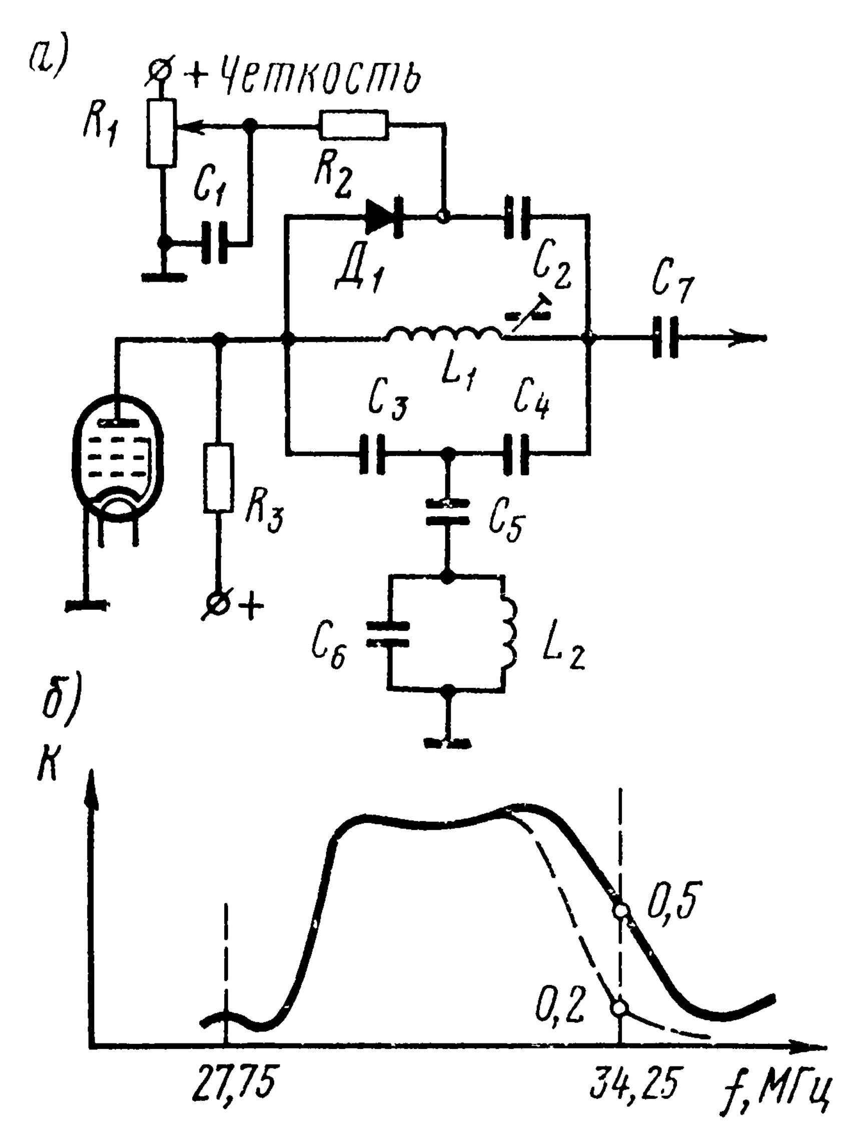


Рис. 14.8. Регулировка четкости в *Т*-каскаде:
а) принципиальная схема; *б*) частотная характеристика

Регулировку выполняют потенциометром R_1 — регулятором *Четкость.* Когда движок регулятора находится в крайнем верхнем положении, к катоду диода приложен более высокий положительный потенциал. В этом случае на аноде диода относительно его катода имеется отрицательное напряжение, закрывающее диод. Сопротивление закрытого диода велико, поэтому емкость конденсатора C_2 не влияет на настройку контура $L_1C_3C_4$.

Когда движок потенциометра находится в крайнем нижнем положение, к катоду диода прикладывается меньший положительный потенциал и сопротивление диода уменьшается. При этом контур $L_1C_3C_4$ шунтируется дополнительной емкостью C_2 (1,5 пФ) и частота настройки контура изменяется. Очевидно, что, меняя положение движка R_1, можно перемещать частоту $f_{пр.и}$ по склону частотной характеристики с уровня 0,5 до уровня 0,2 (рис. 14. 8*б*).

14.5. Схема УПЧИ с М-фильтром

На рис. 14.9а показана схема УПЧИ, в котором межкаскадной связью является система из четырех контуров, получившая назва-

ние M-фильтра. Усилительный каскад с M-фильтром называется M-каскадом. В этой схеме индуктивности L_1 и L_3 совместно с паразитными емкостями C_a и C_c действуют как два одиночных контура, один из которых включен в анодную цепь (L_1C_a), а другой — в сеточную (L_3C_c) каскадов УПЧИ. Это основные контуры. Они экранированы друг от друга, а элементами связи между ними служат две цепи: внешняя — активная — через резистор $R_{св}$ и внутренняя — частотно-избирательная — через контуры L_2C_2 и L_4C_4, которые на эквивалентной схеме рис. 14.9*б* обозначены сопротивлением $Z_{св}$.

Контуры L_2C_2 и L_4C_4 включены параллельно друг другу и являются режекторными. Оба режекторных контура являются последовательными, что обеспечивает значительное уменьшение величины Z на резонансных частотах. На частотах, отличных от резонансной, в пределах полосы пропускания сопротивление одного из контуров имеет емкостный характер, а другого — индуктивный, так как они настроены на разные частоты. Контур L_2C_2 на частоту 32 МГц, L_4C_4 — на частоту 39,5 МГц. При одинаковой добротности этих контуров два параллельно подсоединенных реактивных сопротивления с различными знаками взаимно компенсируют друг друга и результирующее сопротивление связи остается всегда активным.

Частотная характеристика M-фильтра приведена на рис. 14.9*в*. Система обладает четырьмя резонансами:

1. Резонанс напряжений на частоте f_1 контура L_2C_2. Сопротивление контура в момент резонанса в последовательной цепи близко к нулю, при этом сопротивление связи Z также близко к нулю и передача энергии из анодной цепи в сеточную за счет внутренней связи не происходит. Этот контур настроен на промежуточную частоту звука собственного канала, и, таким образом, она подавляется на 90—95%.

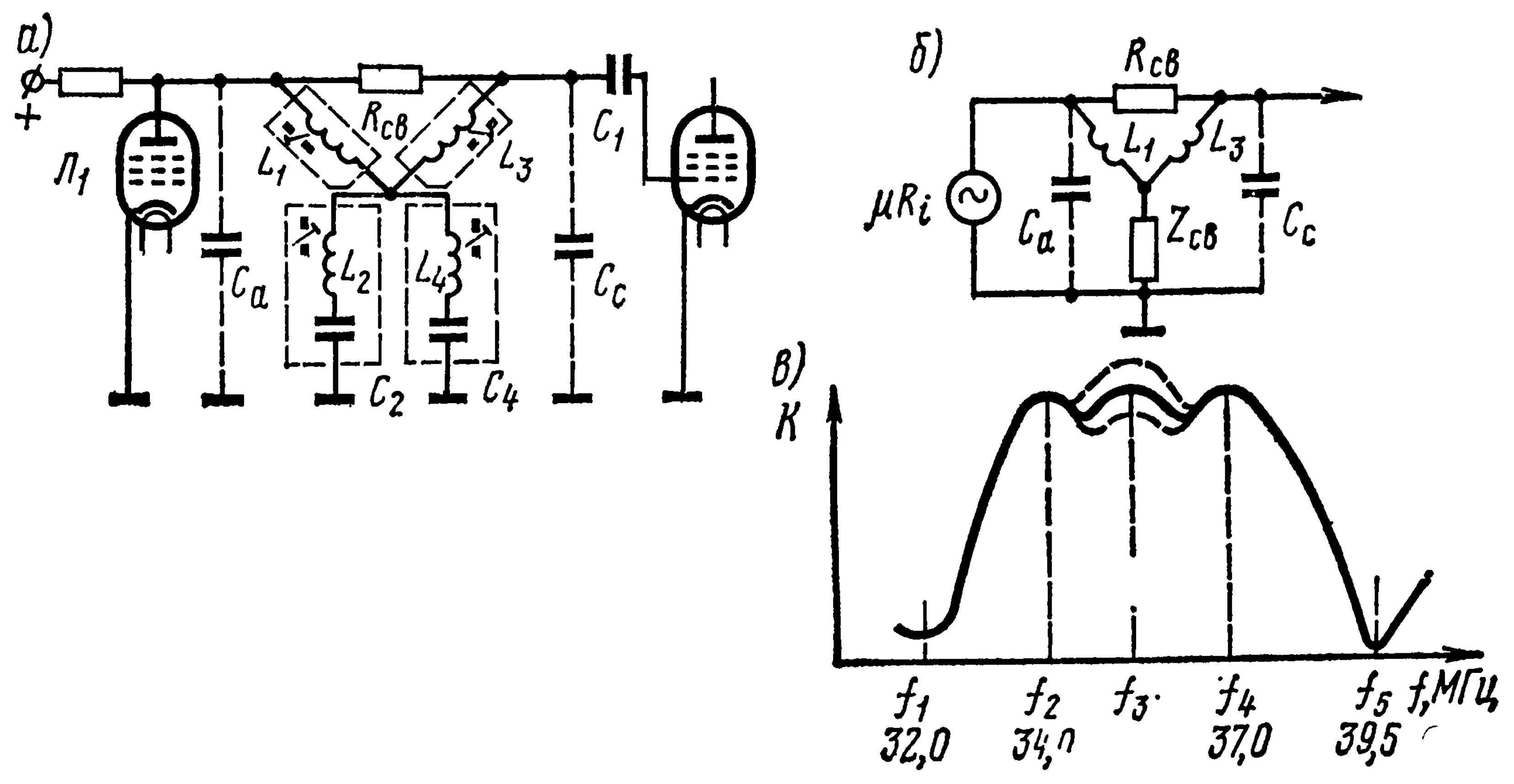


Рис. 14.9. Схема УПЧИ с M-фильтром:
а) принципиальная схема; *б)* эквивалентная схема; *в)* частотная характеристика

Необходимая громкость звука обеспечивается путем правильного выбора величины сопротивления внешней связи $R_{св}$, через которое на частоте f_1 осуществляется межкаскадная связь. Сопротивление $R_{св}$ уменьшает также неравномерность в усилении средних частот полосы пропускания.

2. Резонанс токов на частоте f_2 контура $L_1C_aZ_{св}$. Усиление на резонансной частоте f_2 максимально; f_2 — это одна из частот полосы пропускания УПЧИ.

3. Резонанс токов на частоте f_4 в контуре $L_3C_cZ_{св}$. Усиление на этой частоте максимально, это еще одна частота полосы пропускания УПЧИ.

4. Резонанс напряжений на частоте f_5 в последовательном контуре L_4C_4. Усиление на этой частоте минимально, поэтому она подавляется и на следующий каскад не поступает; f_5 — это мешающая частота соседнего канала, отстоящая от несущей частоты изображения на 1,5 МГц. Из частотной характеристики видно, что схема отвечает требованиям, которые предъявляются к УПЧИ, так как здесь подавление мешающих сигналов происходит за счет изменения параметров цепочки связи, а не за счет режекторных контуров с индуктивной или емкостной связью, когда получаются паразитные всплески за точкой режекции, которые ухудшают избирательность УПЧИ.

Кроме того, частотная характеристика линейна в полосе пропускания, а степень подъема в ее средней части определяет сопротивление резистора $R_{св}$. Если резистор выбран из соображений необходимой громкости звука и при этом частотная характеристика имеет значительный подъем на частоте f_3, то он может быть скомпенсирован в следующем каскаде УПЧИ, где нагрузкой будет полосовой фильтр с сильной связью, а следовательно, имеющий на частоте настройки f_3 провал между горбами.

На частотной характеристике рис. 149*в* показаны значения резонансных частот для нового стандарта промежуточной частоты изображения и звука.

Достоинством *М*-каскада по сравнению с *Т*-каскадом являются бóльший коэффициент усиления (9—10 раз), более равномерная частотная характеристика в полосе пропускания и более линейная фазовая характеристика в районе несущей (промежуточной) частоты изображения, так как склон, на котором она расположена,— пологий.

Недостатком можно считать сложность настройки, вызванную взаимным влиянием друг на друга режекторных и основных контуров. Кроме того, несмотря на то, что подавление частот f_1 и f_5 здесь очень велико, мешающие частоты соседних каналов полностью не подавляются, а это приводит к необходимости сочетать *М*-каскад с другими резонансными системами.

Все рассмотренные схемы УПЧИ не полностью удовлетворяют требованиям, которые предъявляются к каналу УПЧИ современных телевизоров, а избирательность телевизоров при многоканальном телевизионном вещании желательно иметь более высокой. Од-

нако при высокой избирательности крутизна склона частотной характеристики велика, что приводит к возникновению фазовых искажений и ухудшению качества изображения. Поэтому в схемах

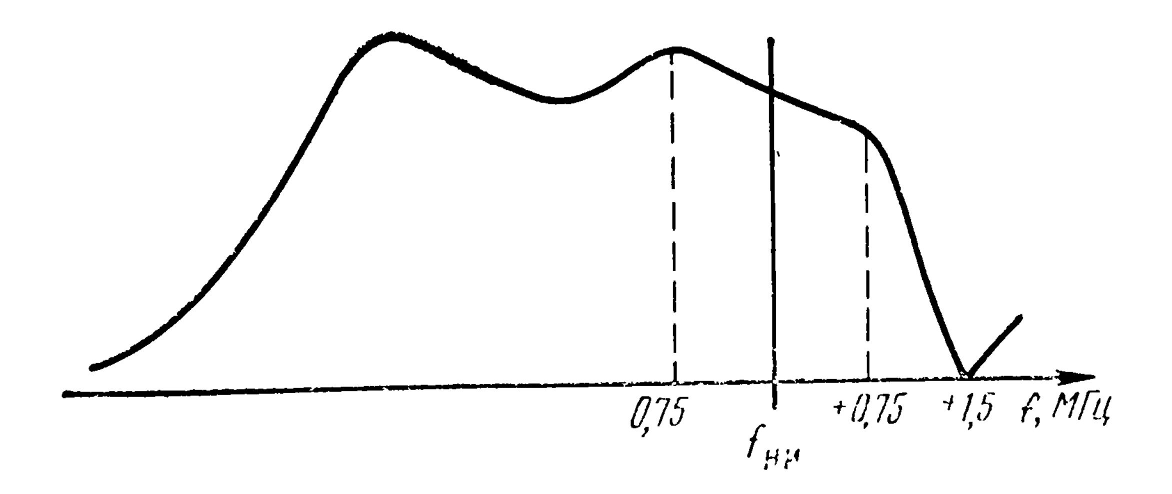


Рис. 14.10. Коррекция фазовых искажений изменением формы частотной характеристики УПЧИ

современных телевизоров чаще используется фильтр типа «дифференциальный мост», обеспечивающий такое изменение частотной характеристики УПЧИ, при котором крутизна склона несущей резко понижается в пределах от —0,75 до +0,75 МГц относительно несущей и вновь повышается в пределах от +0,75 до +1,5 МГц (рис. 14. 10). Это позволяет совместить высокую избирательность и отсутствие фазовых искажений.

14.6. Схема УПЧИ с фильтром типа «дифференциальный мост»

Схема фильтра типа «дифференциальный мост» изображена на рис. 14.11*а*. В ней анодный контур $L_1C_а$ первого каскада УПЧИ, собранного на лампе $Л_1$, связан с сеточным контуром $L_4C_с$ второго каскада УПЧИ на лампе $Л_2$ через мостовую схему.

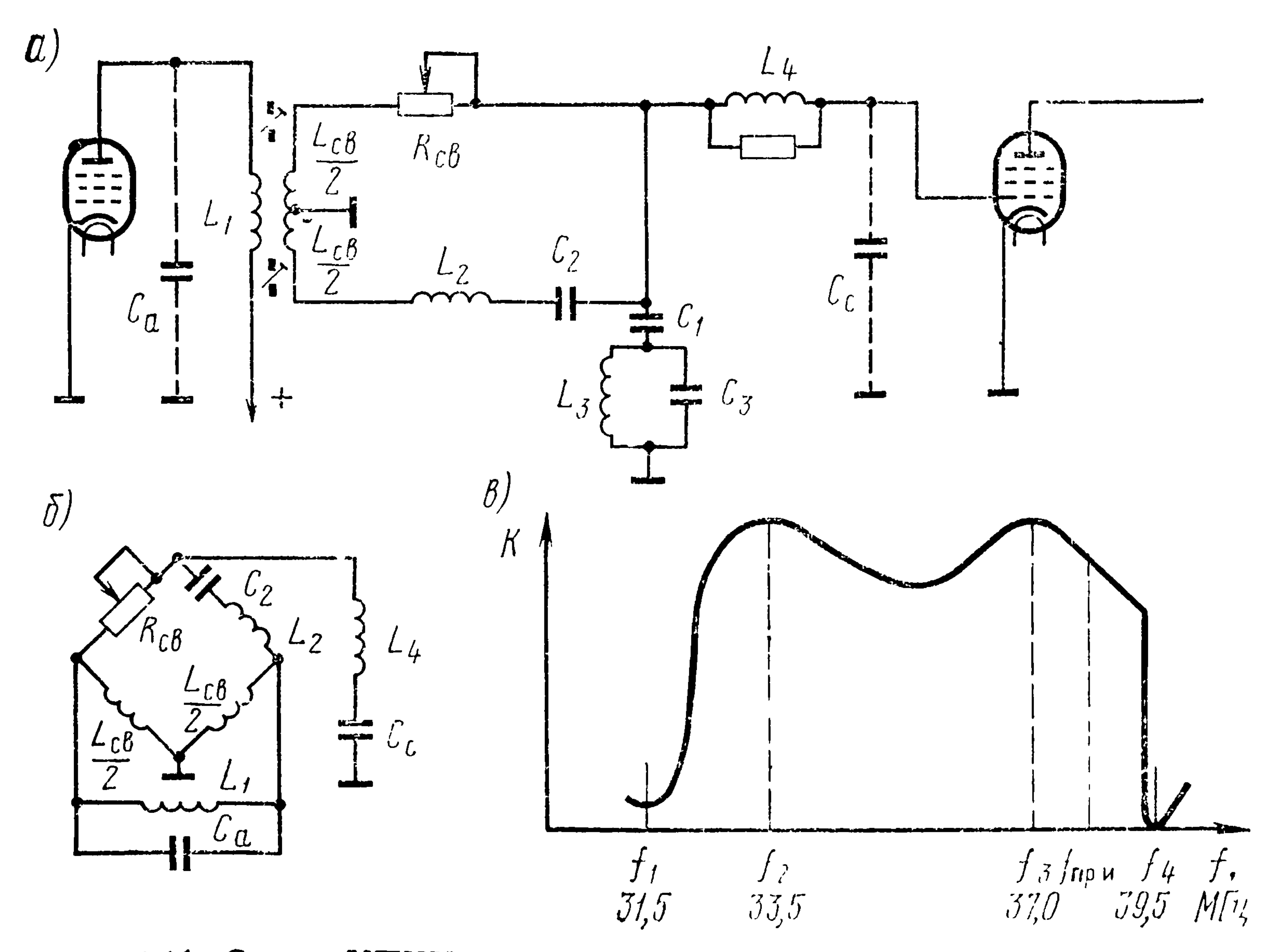


Рис. 14.11. Схема УПЧИ с фильтром типа «дифференциальный мост»

Мостовая схема рис. 14.11*б* имеет четыре плеча, два — образуют одинаковые половинки катушки связи — $L_{св}/2$, а два других — содержат резистор $R_{св}$ и последовательный колебательный контур L_2C_2. Так как средняя точка индуктивности $L_{св}$ заземлена, то связь контуров $L_1C_а$ и $L_4C_с$, включенных в разные диагонали моста, осуществляется по двум цепям: первая — через сопротивление $R_{св}$ и вторая — через последовательный режекторный контур L_2C_2. Этот контур настраивается на частоту 39,5 МГц (соседний канал), отстоящую на 1,5 МГц от промежуточной частоты изображения — 38 МГц. Сопротивление контура на резонансной частоте должно быть равно сопротивлению связи $R_{св}$, так как только в этом случае соблюдается равенство $R_{св}L_{св}/2=R_{C_2L_2}\,L_{св}/2$, т. е. балансировка моста. Это, в свою очередь, означает, что сигнал на частоте 39,5 МГц из анодного контура $L_1C_а$ не пройдет в сеточный контур $L_4C_с$, так как контуры находятся в разных диагоналях. Баланс моста наступает в узкой полосе частот, поэтому такая схема подавления мешающего сигнала обеспечивает высокую избирательность УПЧИ.

Для всех других частот полосы, когда мост разбалансирован и сопротивление контура L_2C_2 велико, связь между анодным и сеточным контурами будет осуществляться через верхнюю по схеме половину катушки связи и резистор $R_{св}$, имеющие сопротивления несколько десятков ом. Подавление промежуточной частоты звука собственного канала 31,5 МГц осуществляется режекторным контуром $C_1L_3C_3$; анодный и сеточный контуры настраиваются на средние частоты полосы пропускания f_2 и f_3 и имеют на этих частотах максимальное усиление.

Результирующая частотная характеристика показана на рис. 14.11*в*. Там же указаны значения резонансных частот f_1, f_2, f_3, f_4. Как видно из характеристики, каскад УПЧИ, использующий фильтр типа «дифференциальный мост», имеет плавный склон частотной характеристики в районе промежуточной частоты изображения (в пределах 1,5 МГц), после чего идет резкий спад характеристики на частотах, близких к несущей частоте звукового сопровождения соседнего канала.

Как было показано на рис. 14.10, при такой форме характеристики удовлетворяется требование высокой избирательности и отсутствие фазовых искажений.

14.7. Особенности схемы УПЧИ на транзисторах

В отличие от характеристик ламп, параметры транзисторов имеют бóльшие разбросы. Это особенно касается входных и выходных емкостей, у которых разброс достигает 30—40% от номинального значения и, кроме того, входная и выходная емкости транзисторов значительно сильнее изменяются от изменения температуры, чем у ламп, а также от действия напряжения автоматической регулировки усиления (АРУ).

Что касается построения схем УПЧИ на транзисторах, то, несмотря на сходство с ламповыми, между ними имеются существенные различия. Коэффициент усиления каскада на транзисторе ниже, чем коэффициент усиления каскада на лампе, а разброс параметров транзисторов приводит к необходимости иметь запас усиления в случае их замены при ремонте, поэтому количество каскадов УПЧИ на транзисторах должно быть больше, чем количество каскадов на лампах.

В настоящее время существуют два варианта схем УПЧИ на транзисторах. В первом варианте на входе усилителя ставят сложную фильтрующую систему — фильтр сосредоточенной селекции (ФСС), который определяет частотную характеристику и избирательность всего УПЧИ. Все каскады УПЧИ — широкополосные и настроены на полосу частот 31,5—38 МГц.

Во втором варианте построения схем УПЧИ ФСС отсутствует, а частотная характеристика определяется всеми каскадами УПЧИ, как и в ламповых схемах. Первый вариант схем на практике больше распространен, так как он имеет ряд преимуществ:

а) обеспечивается возможность самостоятельной настройки ФСС;

б) меньшее влияние на частотную характеристику УПЧИ оказывают входные и выходные емкости транзисторов и действие напряжения АРУ, так как применяются широкополосные контуры.

На рис. 14.12 показана принципиальная схема ФСС. Входной контур фильтра образован индуктивностью L_1 и емкостью кабеля

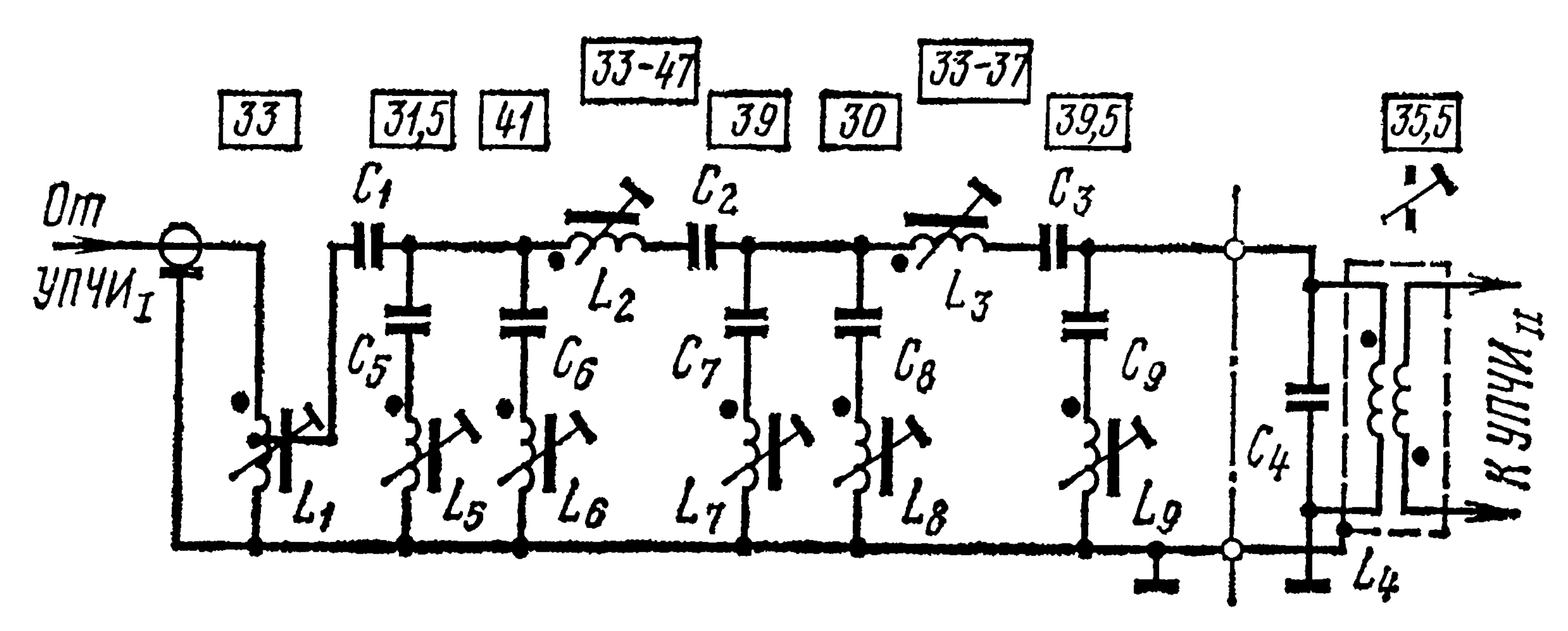


Рис. 14.12. Принципиальная схема ФСС

и настроен на частоту 33 МГц. Прохождение сигналов промежуточных частот достигается действием последовательных контуров L_2C_2 и L_3C_3, настроенных на частоты 33—37 МГц. Через их последовательное соединение сигнал поступает на выходной контур L_4C_4 ФСС, настроенный на среднюю частоту полосы 35,5 МГц и имеющий обмотку связи с транзистором следующего каскада УПЧИ.

Между контурами L_1C_1, L_2C_2, L_3C_3, L_4C_4 включены пять последовательных режекторных контуров: L_5C_5, L_6C_6, L_7C_7, L_8C_8, L_9C_9, настроенных на промежуточные частоты изображения и звука со-

седних каналов и на промежуточную частоту звука собственного канала. Частоты настройки ФСС показаны на рисунке.

Таким образом, ФСС обеспечивает требуемую форму частотной характеристики в полосе пропускания и вне ее.

Каскады УПЧИ могут быть построены по схемам с общим эмиттером (ОЭ) или с общей базой (ОБ). Выбор той или другой схемы определяется в основном частотными свойствами транзистора.

Промежуточные частоты 31,5—38 МГц значительно ниже граничной частоты транзистора, значение которой сотни мегагерц, поэтому в современных УПЧИ используются в основном схемы с ОЭ и, кроме того, для получения максимального коэффициента усиления по мощности выходное сопротивление транзистора должно быть согласовано с входным сопротивлением следующего каскада, которое для этой схемы составляет 300—400 Ом, а для схемы с ОБ—50—60 Ом.

В УПЧИ применяют три схемы согласования между каскадами: трансформаторную, автотрансформаторную и емкостную. На практике чаще всего используется емкостная связь, как наиболее простая.

Принципиальная схема транзисторного УПЧИ показана на рис. 14. 13. Это трехкаскадный усилитель, он собран на транзисторах по схеме с ОЭ. Питающее напряжение подается в эмиттерную

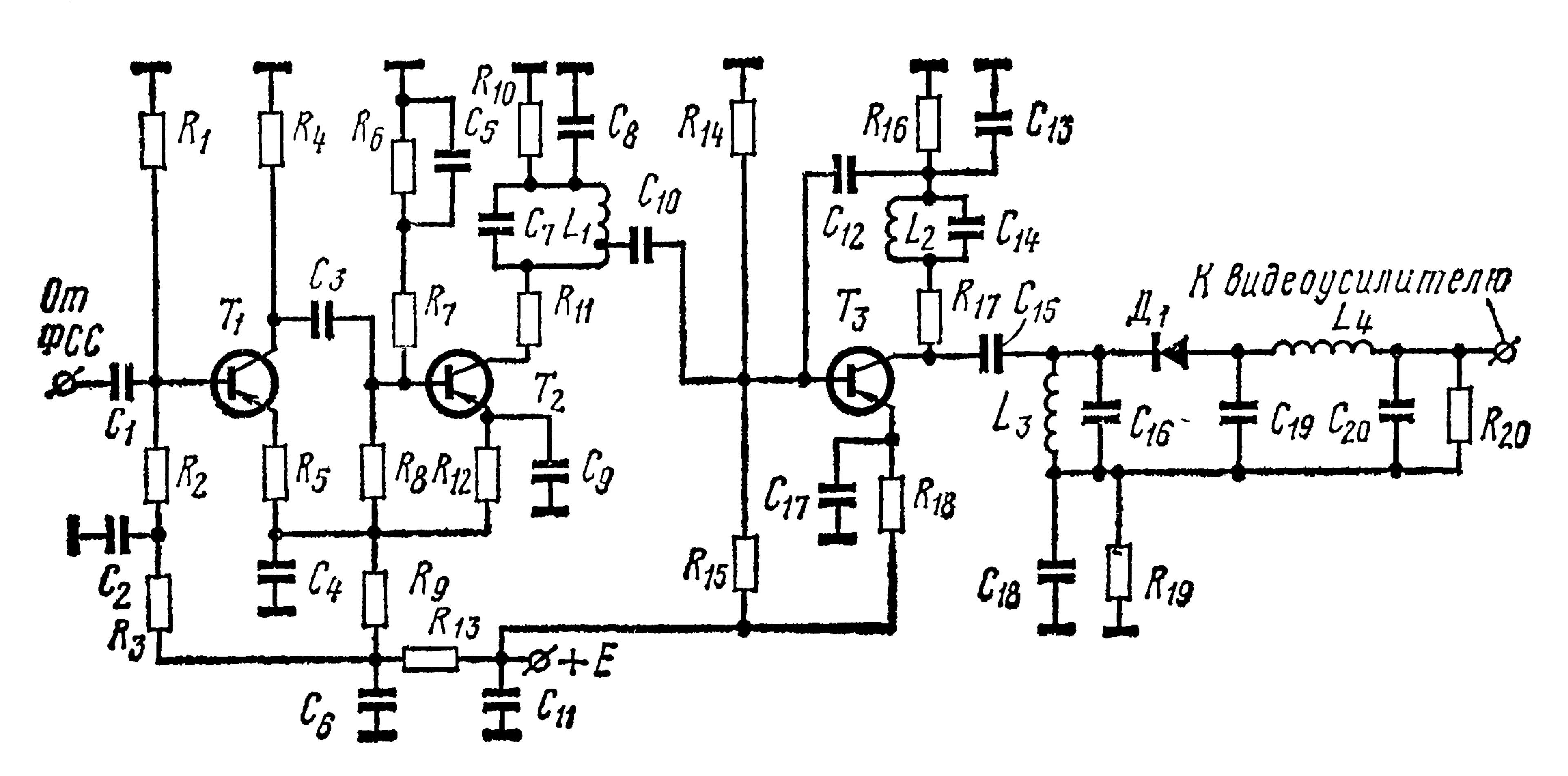


Рис. 14.13. Схема транзисторного УПЧИ

цепь от источника положительной полярности. На вход первого УПЧИ, собранного на транзисторе T_1, сигнал поступает от ФСС. Каскад является апериодическим (сопротивление нагрузки чисто активное) и достаточно широкополосным. Связь первого каскада со вторым осуществляется через конденсатор C_3. Нагрузкой второго каскада является одиночный колебательный контур L_1C_7, настраиваемый на среднюю частоту полосы пропускания УПЧИ. Полоса пропускания этого контура широкая, так как он зашунтирован малым входным сопротивлением транзистора T_3. Связь второ-

го каскада с третьим тоже емкостная. Третий каскад УПЧИ нагружен на полосовой фильтр $L_2C_{14}L_3C_{16}$, имеющий широкую полосу пропускания. Вторичный контур фильтра подключается к видеодетектору $Д_1$.

Для повышения стабильности работы каскада в нем применяется нейтрализация проходной емкости база — коллектор с помощью обратной связи. Напряжение, подаваемое через конденсатор C_{12} на базу транзистора, имеет фазу, обратную фазе коллекторного напряжения. Это достигается тем, что напряжение нейтрализации снимается с верхнего конца контура, подключенного к конденсатору C_{13}. Резистор R_5 в первом каскаде тоже создает некоторую отрицательную обратную связь и не только повышает стабильность усилителя, но и увеличивает его входное сопротивление. Резисторы R_1, R_2, R_3, R_6, R_7, R_8, R_{14}, R_{15} обеспечивают необходимые режимы работы транзисторов. Резистор R_{13} и конденсаторы C_6 и C_4 обеспечивают фильтрацию питающих напряжений и улучшают развязку между каскадами.

Контрольные вопросы

1. Дайте обоснование расположения несущих частот изображения и звука на характеристике УПЧИ.
2. Какие сигналы являются мешающими для сигналов изображения принимаемого канала?
3. Почему сигнал собственного звука в одноканальных телевизорах является мешающим?
4. Каковы достоинства и недостатки схемы УПЧИ со взаиморасстроенными контурами?
5. Из каких фильтров состоит *Т*-контур? Нарисуйте частотную характеристику *Т*-каскада и объясните получение четырех резонансных частот.
6. Каковы достоинства и недостатки *Т*-контура?
7. Как осуществляется регулировка четкости в *Т*-каскаде?
8. Нарисуйте частотную характеристику *М*-каскада и объясните получение четырех резонансных частот.
9. Каковы достоинства и недостатки *М*-каскада?
10. Нарисуйте частотную характеристику УПЧИ, использующего «дифференциальный мост» и объясните получение четырех резонансов в ней.
11. Каковы достоинства и недостатки схемы УПЧИ с фильтром типа «дифференциальный мост»?
12. В чем отличия схем транзисторных УПЧИ от ламповых?
13. Поясните работу ФСС.

Глава 15.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ БЛОК ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

15.1. Общие сведения

Высокочастотный блок телевизионного приемника состоит из входной цепи, усилителя высокой частоты (УВЧ), смесителя, гетеродина и переключателя барабанного типа. Конструктивно эти каскады

объединены в один автономный блок, который называется либо переключателем телевизионных каналов (ПТК), либо (по новому ГОСТ) селектором метровых волн (СКМ).

Блоки ПТК позволяют вести прием по любому из 12 телевизионных каналов (табл. 15.1).

Таблица 15.1

Распределение частот по телевизионным каналам

Номер канала	Частоты, МГц		Номер канала	Частоты, МГц	
	$f_{н.и}$	$f_{н.з}$		$f_{н.и}$	$f_{н.з}$
1	49,75	56,25	7	183,25	189,75
2	59,25	65,75	8	191,25	197,75
3	77,25	83,75	9	199,25	205,75
4	85,25	91,75	10	207,25	213,75
5	93,25	99,75	11	215,25	221,75
6	177,25	181,75	12	223,25	229,75

Ниже приводятся требования, предъявляемые к высокочастотному блоку. Высокочастотный блок должен обеспечивать:

1. Усиление сигналов на всех телевизионных каналах в 30—50 раз.

2. Равномерность частотной характеристики в пределах каждого телевизионного канала от несущей изображения до несущей звука.

3. Малые потери во входной цепи, т. е. высокий коэффициент бегущей волны.

4. Стабильность частоты гетеродина не хуже ±250 кГц.

5. Минимальное излучение колебаний частоты гетеродина.

6. Минимальный уровень собственных шумов, вносимых УВЧ и преобразователем.

Выполнение последнего требования вызвано тем, что электронные лампы и транзисторы имеют внутренние шумы, возникающие в лампах из-за дробового эффекта, который обусловлен неравномерным излучением электронов катодом в единицу времени и некоторой эмиссией с других электродов лампы, кроме того, в омических сопротивлениях имеет место хаотическое тепловое движение электронов, которое носит название теплового эффекта.

Наличие этих «шумов» приводит к тому, что телевизионный приемник не может принимать слабые сигналы, уровень которых соизмерим с уровнем собственных «шумов», так как слабый полезный сигнал будет усиливаться одинаково с сигналом «шума» и изображение на экране будет покрыто «штрихами» и точками («снег»), из-за которых смотреть его будет практически невозможно.

Чтобы обеспечить выполнение перечисленных требований к высокочастотному блоку, разработано несколько типов новых малошумящих ламп и транзисторов, специально предназначенных для работы в блоке метрового диапазона волн.

15.2. Входные цепи телевизионных приемников

Назначением входной цепи являются, во-первых, передача полезного сигнала из фидера антенны на первый каскад УВЧ и, во-вторых, согласование входного сопротивления телевизора с волновым сопротивлением фидера. Это необходимо для передачи максимума энергии на вход телевизора и предотвращения отражения сигнала от входа телевизора.

Задачей входной цепи является также повышение отношения напряжения полезного сигнала ($U_п$) к напряжению сигнала шума ($U_ш$). Напряжение $U_ш$, пересчитанное во входную цепь телевизора, обычно не превышает 10 мкВ. Поэтому реальная чувствительность телевизора составляет 50—100 мкВ, чтобы сохранить отношение $U_п/U_ш=5—10$, при котором шум не мешает просмотру передач. Телевизоры, имеющие номинальную чувствительность до 50 мкВ, не могут ее реализовать из-за сигналов собственных шумов. Шумы имеются во всех каскадах телевизора, но в УПЧИ и видеоусилителе уровень полезного сигнала значительно выше уровня шумов, поэтому они мешающего действия не оказывают.

Телевизионная антенна соединяется со входными цепями УВЧ при помощи кабеля (фидера). Промышленность выпускает экранированный коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. Этот кабель несимметричный, так как имеет одну центральную жилу — внутренний проводник и вторую жилу — оплетку, которая всегда заземляется, и неэкранированный симметричный кабель с волновым сопротивлением 300 Ом. Соответственно входные цепи телевизора могут быть симметричными и несимметричными. Несимметричный вход рассчитан на подключение коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом. Входная цепь в этом случае представляет обычный резистор *R*, величина которого тоже равна 75 Ом (рис. 15.1*а*), или трансформатор, состоящий из антенной и сеточной катушек (рис. 15.1*б*), в этом случае улучшается избирательность телевизора.

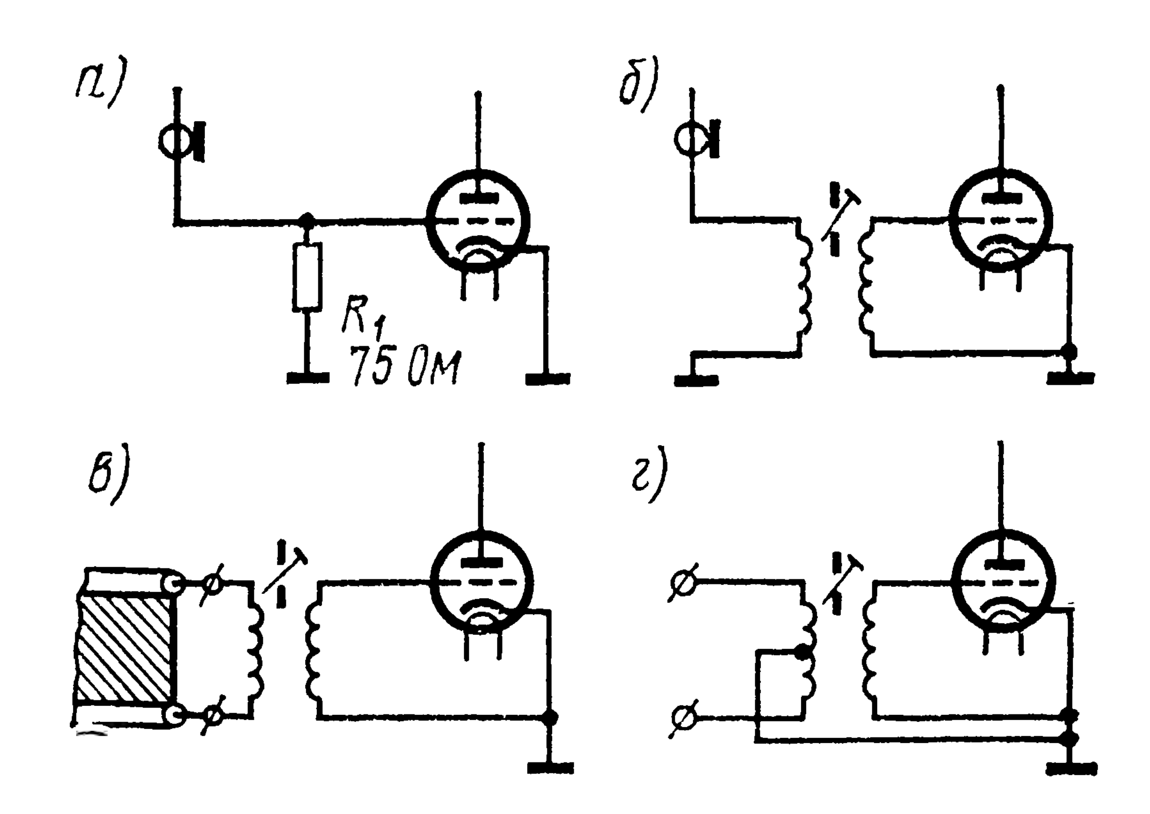


Рис. 15.1. Входные цепи телевизоров

Симметричный вход рассчитан на подключение ленточного 300-омного кабеля. Связь входной цепи с антенной только трансформаторная (рис. 15.1*в*).

Имеются входные цепи, которые позволяют одновременно использовать оба типа кабелей (рис. 15.1*г*). При применении несимметричного 75-омного кабеля оплетка подключается к шасси телевизора, а центральная жила — к любому выводу антенной катушки. В этом случае антенная катушка работает как повышающий автотрансформатор. При использовании симметричного кабеля его концы подключаются к антенной катушке, как на рис. 15.1*г*, а заземленная средняя точка обеспечивает точную симметрию жил кабеля.

В СССР унифицирован несимметричный вход, так как он обладает более высокой помехоустойчивостью и позволяет получить бо́льшее значение коэффициента бегущей волны входной цепи (меньше потерь энергии).

Симметричный вход и ленточный кабель в СССР не распространены.

Входная цепь имеет широкую полосу пропускания частот — порядка 8 МГц и настраивается на среднюю частоту принимаемого канала.

15.3. Усилитель высокой частоты

Усилитель высокой частоты (УВЧ) должен обеспечить требуемое усиление принятых сигналов изображения и звука, обеспечить нужное соотношение полезного сигнала к сигналу шума и не допустить проникновение сигналов гетеродина в эфир, поэтому к лампам и транзисторам УВЧ тоже предъявляются определенные требования.

Во-первых, для обеспечения требуемого усиления лампа должна иметь большую крутизну и широкополосность, а уровень собственных шумов должен быть минимальным. Кроме того, для устойчивой работы каскадов УВЧ необходимо, чтобы проходная емкость лампы была малой, а лампа должна обеспечить возможность регулировки усиления путем изменения сеточного смещения (использование схемы АРУ).

Указанные требования являются несколько противоречивыми. Действительно, с точки зрения большой крутизны характеристики, малой проходной емкости целесообразно было бы использовать в схеме УВЧ пентоды, а с точки зрения уменьшения шумов выгоднее использовать триоды, так как они обладают меньшими внутренними шумами из-за малого числа электродов. Вместе с тем использовать триод в схеме УВЧ в обычном его включении нельзя из-за неустойчивой работы в области высоких частот. Эта неустойчивость определяется большой проходной емкостью триода.

Одной из лучших схем УВЧ, обладающей минимальными собственными шумами и достаточным усилением, является каскодная схема, которая полностью удовлетворяет поставленным требованиям.

Каскодная — антишумовая — схема (рис. 15.2*а*) выполнена на двух триодах, подключенных последовательно к источнику питания. Так как оба триода однотипны, то на каждом из них падает одинаковое напряжение (100—120 В). В каскодной схеме используются специальные двойные триоды типа 6Н14П, 6Н23П, 6Н24П и др.

Усилитель высокой частоты в этой схеме двухкаскадный, причем первый работает по схеме с заземленным катодом, а второй — с заземленной по высокой частоте сеткой.

Из общей теории усилителей известно, что каскад с заземленным катодом обладает большим входным сопротивлением, а вход-

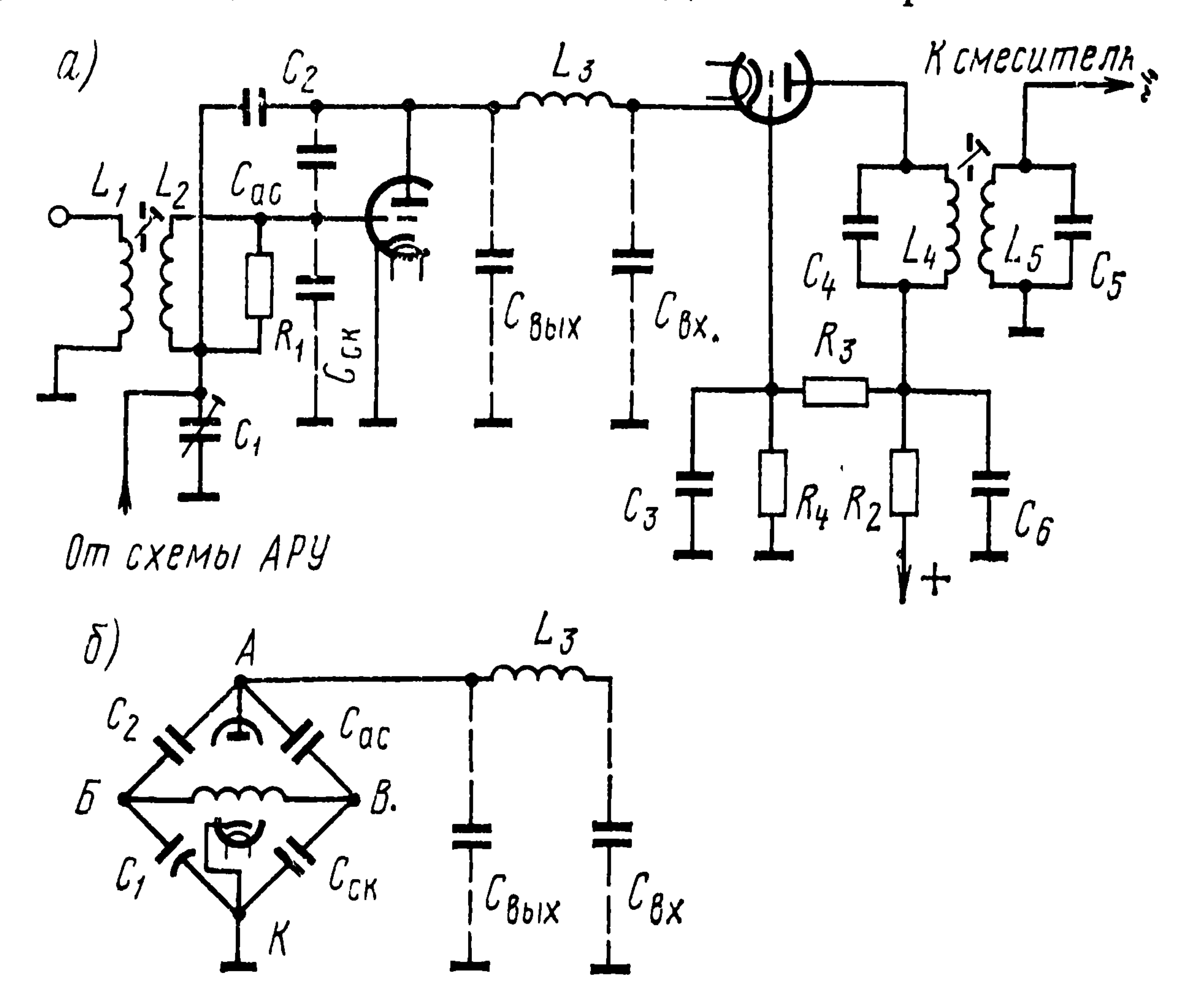


Рис. 15.2. УВЧ телевизора:

а) **принципиальная схема;** *б*) **мостовая схема нейтрализации проходной емкости**

ное сопротивление каскада с заземленной сеткой определяется так: $R_{вх}=1/S$, где S — крутизна лампы УВЧ. Большинство используемых в УВЧ триодов имеет крутизну порядка 5 $\frac{мА}{В}$. Поэтому $R_{вх} = \frac{1}{(5 \cdot 10^{-3})} = 200$ Ом. Благодаря этому входная цепь (каскад с большим входным сопротивлением) производит некоторое (в 1,5—3 раза) усиление сигнала.

Анодной нагрузкой первого каскада УВЧ является П-образный колебательный контур, составленный из индуктивности L_3 и паразитных емкостей $C_{вых}$ и $C_{вх}$. Так как второй каскад имеет малое входное сопротивление (150—200 Ом), которое шунтирует П-образный контур, то его добротность очень мала, а полоса пропускания широкая.

Индуктивность L_3 не переключается при переходе с одной программы на другую, поэтому контур $C_{вых}L_3C_{вх}$ должен хорошо про-

пускать сигналы всех программ. Однако если этот контур настраивать на рабочие частоты высокочастотных телевизионных каналов (порядка 170 МГц), где усиление лампы несколько падает, то это позволяет обеспечить примерно одинаковую чувствительность телевизора на всех каналах.

Коэффициент усиления первого каскада УВЧ определяется как произведение крутизны лампы на анодную нагрузку: $K=SR_а$. Нагрузкой здесь является входное сопротивление второго каскада ($R_{вх}=1/S$), поэтому $K=S\cdot\frac{1}{S}=1$, т. е. первый каскад не дает усиление сигнала по напряжению. Вместе с тем он обеспечивает усиление по мощности (по току), так как во входной цепи сигнал поступает на сопротивление $R_{вх}$ каскада с заземленным катодом, которое равно нескольким килоомам, а выделяется этот же сигнал (так как $K=1$) на нагрузочном сопротивлении порядка 150—200 Ом. Благодаря этому ток полезного сигнала на нагрузке значительно превышает ток шума, чем и достигается необходимое соотношение полезного сигнала к шумам.

Сигнал с первого каскада УВЧ подводится к катоду второй лампы. Анодной нагрузкой второго каскада является широкополосный (полоса пропускания 8 МГц) двухконтурный полосовой фильтр с индуктивной связью ($L_4C_4L_5C_5$), катушки которого являются сменными при переходе с одной программы на другую. Коэффициент усиления каскада составляет 10—12 раз. Таким образом, общий коэффициент усиления каскодной схемы равен коэффициенту усиления одного каскада, собранного на пентоде, однако каскодная схема имеет то преимущество, что она обеспечивает малый уровень шумов.

В результате последовательного включения ламп на катоде второго триода имеется положительное напряжение порядка 120 В. Для получения необходимого смещения на управляющую сетку подается постоянное напряжение от источника анодного питания через делитель R_3R_4.

Кроме того, регулировка усиления, которая осуществляется подачей отрицательного смещения от схемы АРУ на управляющую сетку первого каскада, оказывается более эффективной при включении ламп УВЧ последовательно по постоянному току, так как при этом одновременно изменяется и коэффициент усиления второго каскада. Действительно, при увеличении отрицательного смещения на управляющей сетке первой лампы анодный ток уменьшается, а напряжение на аноде возрастает, что приводит к уменьшению напряжения на аноде второй лампы, а следовательно,— к уменьшению усиления второго каскада.

Контур L_5C_5 полосового фильтра подводит напряжение сигнала ко входу смесителя. Поскольку УВЧ собран на триодах, то необходимы специальные меры для уменьшения возможности самовозбуждения. В первом каскаде такими мерами являются:

1. Отсутствие усиления по напряжению ($K=1$), что уменьшает склонность усилителя к самовозбуждению.

2. Включение анодной и сеточной цепей усилителя в разные диагонали моста, что обеспечивает нейтрализацию проходной емкости.

«Мост» образован конденсаторами C_1 и C_2 и межэлектродными емкостями лампы C_{ac} и $C_{ск}$ (рис. 15.2*б*). Если элементы моста подобраны так, что выполняется равенство $C_2C_{ск}=C_1C_{ac}$, то мост будет сбалансирован, а при этом изменение напряжения между точками *АК* (на участке анод — катод лампы) не вызовет никакого изменения напряжения между точками *БВ* (сеточная цепь лампы).

Эта мостовая схема способствует также тому, что сигнал с частотой гетеродина, который неизбежно проникает из смесителя в анодную цепь лампы первого УВЧ через элементы связи, не передается во входной контур, а следовательно, и в антенну. В противном случае высокочастотный сигнал гетеродина, излученный антенной, мог бы создавать значительные помехи для соседних телевизоров.

Во втором каскаде УВЧ самовозбуждения не может быть, так как сетка этого каскада заземлена по высокой частоте через конденсатор C_3 и является экраном между анодом и катодом лампы. Благодаря этому усиленный сигнал не может пройти в цепь катода.

15.4. Гетеродин

Гетеродин — это маломощный генератор. Он собирается всегда на триоде по емкостной трехточечной схеме (рис. 15.3*а*), которая обладает наибольшей стабильностью ввиду того, что частота колебаний в этом случае в меньшей степени зависит от межэлектродных емкостей ламп, которые являются главным источником изменения частоты.

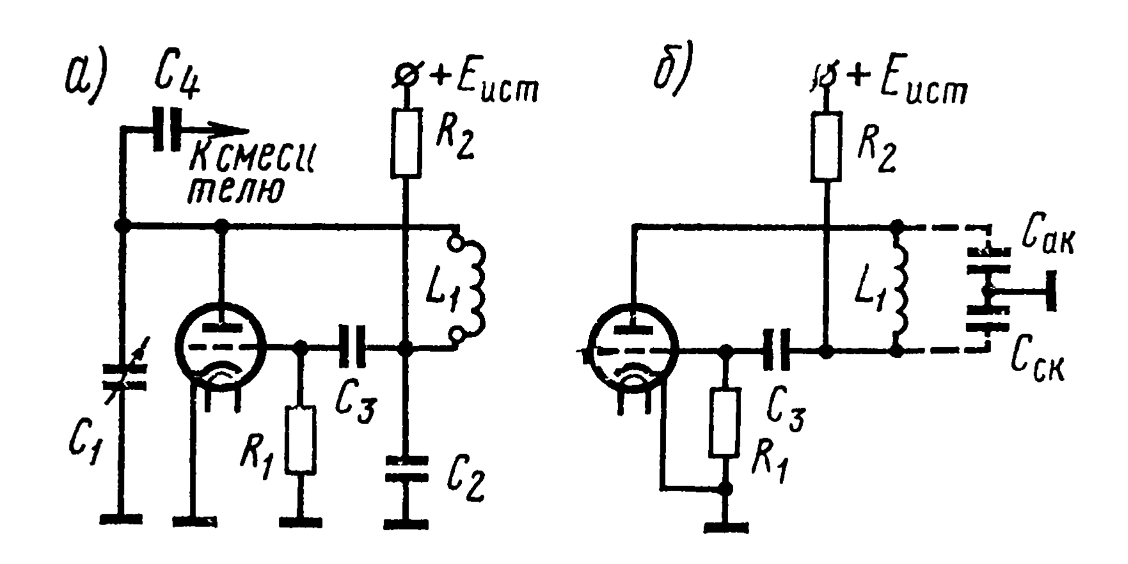


Рис. 15.3. Гетеродин:
а) принципиальная схема; *б*) эквивалентная схема

Гетеродин должен вырабатывать колебания достаточно большой амплитуды (2—4 В) и требуемой для каждого канала частоты, обеспечивая высокую стабильность, которая достигается применением схемы емкостной трехточки и использованием конденса-

торов с отрицательным температурным коэффициентом, так как при прогреве ламп междуэлектродные емкости возрастают. Кроме того, радиолампы УВЧ и преобразователя устанавливаются на верху блока, что уменьшает их температурное влияние на элементы схемы, расположенные внутри блока.

На рис. 15.3*б* дана эквивалентная схема гетеродина. В ней емкость $C_{ак}$ представляет собой сумму межэлектродной емкости участка анод — катод лампы, подстроечного конденсатора C_1 и монтажных емкостей. Емкость $C_{ск}$ включает в себя емкость конденсатора C_2, межэлектродную емкость лампы на участке сетка — катод и монтажную емкость.

Для самовозбуждения гетеродина необходимо соблюдение условий противофазности переменных напряжений на сетке и аноде лампы и достаточной величины обратной связи между цепями сетки и анода.

Как видно из эквивалентной схемы, первое условие выполняется благодаря подключению катода к контуру между выводами сетки и анода. Для осуществления второго условия необходимо, чтобы переменное напряжение на сетке лампы составляло 1/3—1/4 переменного напряжения на аноде. Поэтому емкость $C_{ск}$ должна быть в 3—4 раза больше емкости $C_{ак}$, что достигается включением конденсатора C_2. Конденсатор C_2 стабилизирует также величину напряжения обратной связи при изменении емкости конденсатора настройки C_1. Конденсатор C_1 может менять свою емкость в таких пределах, что частота гетеродина меняется на $\pm 1{,}5$ МГц. Поскольку конденсатор $C_{ск}$ включает в себя и емкость конденсатора C_2, то общая емкость между сеткой и катодом увеличивается и изменение емкости настроечного конденсатора C_1 меньше сказывается на величине обратной связи.

Катушка индуктивности гетеродинного контура L_1 является сменной при переключении телевизионных каналов. Автоматическое смещение обеспечивается сеточным током за счет заряда конденсатора C_3 и его разряда через резистор R_1.

Одним из важнейших требований, предъявляемых к современным высокочастотным блокам, является сведение к минимуму помех, вызванных излучением колебаний гетеродина. Выполняется это требование следующим:

1. Использованием в УВЧ мостовой схемы, преграждающей путь сигналов с частотой гетеродина в эфир.

2. Тщательной экранировкой элементов гетеродина.

3. Заземлением осей переключателя.

4. Полной экранировкой всего высокочастотного блока (блок заключен в металлический кожух).

15.5. Смеситель

Смеситель должен обеспечивать высокую крутизну преобразования для сигналов промежуточной частоты и обладать низким уровнем собственных шумов.

В телевизионных приемниках используется односетчатое преобразование частоты с использованием в качестве смесительной лампы пентода и реже триода.

Схема смесительного каскада показана на рис. 15.4.

На управляющую сетку каскада поступают от УВЧ и гетеродина напряжения трех частот: $f_{н.и}$, $f_{н.з}$, $f_г$. Вследствие нелинейно-

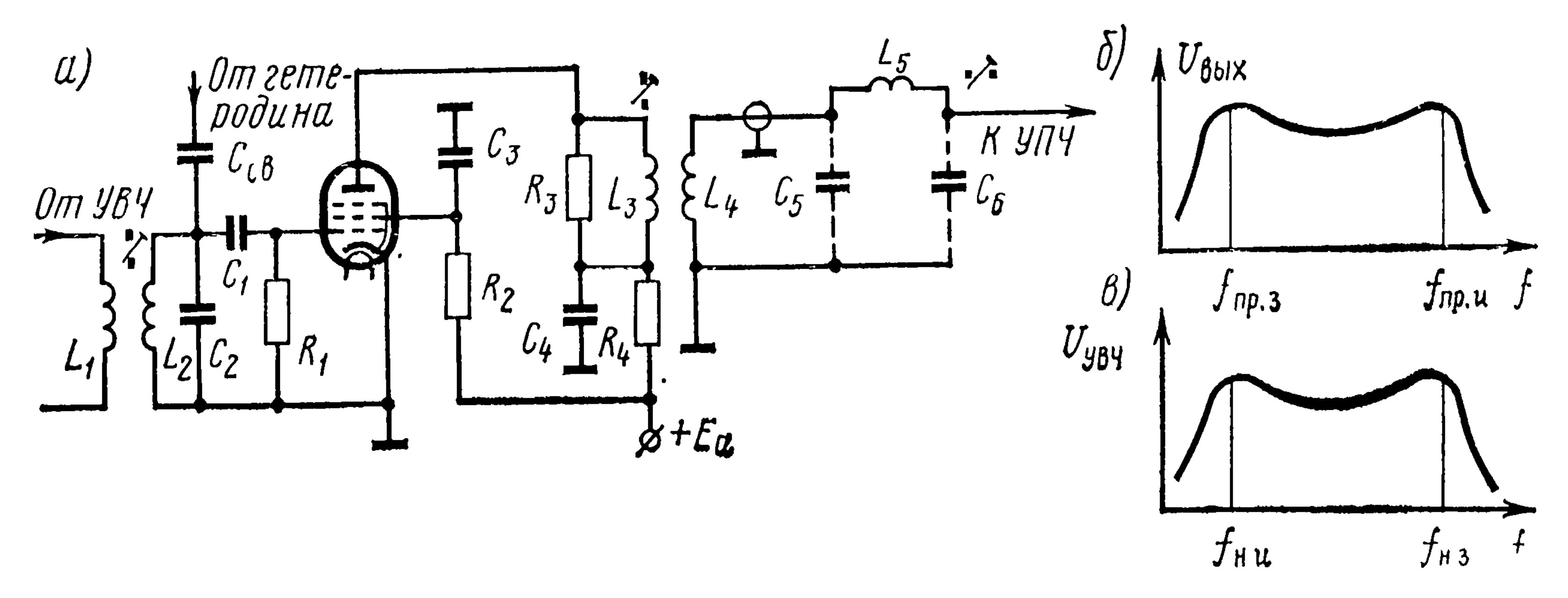


Рис. 15.4. Смеситель:

а) принципиальная схема; *б*) частотная характеристика на выходе смесителя; *в*) частотная характеристика УВЧ

сти анодно-сетчатой характеристики смесителя и большой величине отрицательного смещения, которое получается в сеточной цепи C_1R_1, лампа детектирует биения между частотами и в анодной цепи возникают колебания различных комбинационных частот. Анодный полосовой фильтр выделяет разностные частоты $f_г—f_{н.и}$ и $f_г—f_{н.з}$, на которые он настроен.

Несущие частоты изображения и звука имеют свои боковые полосы, которые тоже образуют разностные частоты с частотой гетеродина и тоже выделяются полосовым фильтром, благодаря его большой (8 МГц) полосе пропускания.

Поскольку частота гетеродина выбрана выше несущих частот изображения и звука, то после преобразования верхняя боковая полоса становится нижней, а нижняя — верхней, т. е. они меняются местами. Также меняются местами и новые несущие частоты, которые теперь называются промежуточными.

Например, для первого телевизионного канала:

$f_г=87{,}75$ МГц; $f_{н.и}=49{,}75$ МГц; $f_{н.з}=56{,}25$ МГц; $f_{пр.и}=f_г—$ $—f_{н.и}=87{,}75$ МГц$—49{,}75$ МГц$=38$ МГц; $f_{пр.з}=f_г—f_{н.з}=87{,}75$ МГц$—56{,}25$ МГц$=31{,}5$ МГц.

Нагрузкой смесителя является пара взаиморасстроенных контуров, индуктивно связанных при помощи катушки связи L_4, которая состоит из трех витков и намотана на одном каркасе с катушкой L_3.

Катушка L_3 первого контура, емкостью которого является выходная емкость лампы и монтажа, расположена на шасси блока. Этот контур настраивается с помощью сердечника на промежу-

точную частоту звука, а сопротивление резистора R_3 расширяет его полосу пропускания. Резонансная кривая этого контура одногорбая. Катушка L_5 второго контура смонтирована в фишке включения блока и соединяется с катушкой связи отрезком коаксиального кабеля длиной до 350 мм. Отрезок кабеля такой длины обладает емкостью 25—30 пФ. Эта емкость показана на схеме конденсатором C_5. Емкость C_6 образуется входной емкостью лампы УПЧИ и емкостью монтажа. Таким образом, второй контур представляет собой П-образный фильтр $C_5L_5C_6$, который настраивается на частоту $f_{\text{пр. и}}$. Резонансная кривая этого контура тоже одногорбая. Полосовой фильтр в целом имеет двугорбую частотную характеристику с широкой полосой пропускания (рис. 15.4*б*). На рис. 15.4*в* показана частотная характеристика УВЧ до преобразования частоты.

15.6. Практическая схема лампового высокочастотного блока метрового диапазона

Нашей промышленностью разработаны и используются в телевизорах различные модификации высокочастотных блоков ПТК и СКМ, рассчитанные на прием 12 телевизионных каналов.

Основные технические характеристики блоков приведены в табл. 15.2, а в качестве примера рассмотрим схему наиболее распространенного высокочастотного блока ПТК (рис. 15.5). В этой

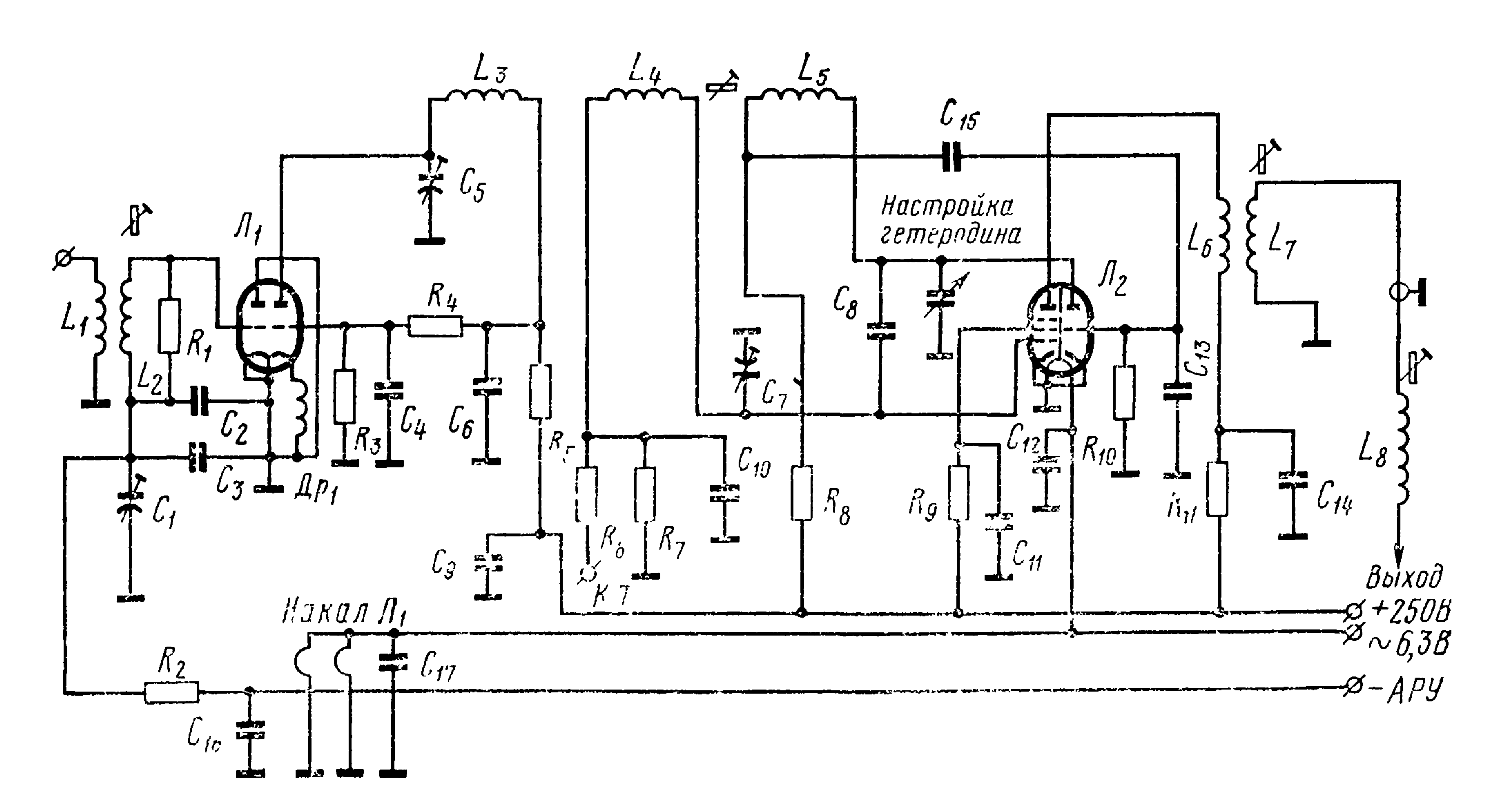


Рис. 15.5. Принципиальная схема блока ПТК

схеме используется настроенная входная цепь (L_1L_2), рассчитанная на подключение коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом. Усилитель высокой частоты собран на двойном триоде 6Н14П по каскодной схеме. Оба триода соединены последовательно по постоянному току, благодаря чему уменьшается ко-

Таблица 15. 2

Основные технические характеристики высокочастотных блоков

Технические показатели	Наименование блоков								
	ПТК	ПТК-4	ПТК-5	ПТК-5/7	ПТК-7	ПТК-10	ПТК-10Б	ПТК-11	ПТК-14
Количество принимаемых телевизионных каналов	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Номинальное входное сопротивление, Ом	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Промежуточная частота сигналов изображения, МГц	34,25	34,25	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
Коэффициент усиления на любом из 12 телевизионных каналов, не менее	30	30	30	30	25	6	30	6	—
Анодное напряжение, В	250	150	150	150	150	150	150	150	—
Перекрытие частоты гетеродина конденсатором настройки, не менее, МГц	1,2	1,2	1,2	—	—	1,2	1,2	—	1,5
Электрически взаимозаменяем с блоком указанного типа	ПТК-4	ПТК	ПТК-10Б	ПТК-7	ПТК-5/7 ПТК-3	—	ПТК-5	—	—

личество деталей, развязывающих фильтров и величина потребляемого тока.

Левый триод лампы имеет два катодных вывода, что уменьшает его индуктивность, а это, в свою очередь, повышает чувствительность блока.

Объясняется это так. Провод катодного вывода для частот УКВ диапазона представляет собой некоторую индуктивность, сопротивление которой определяется как $X_L = 2\pi fL$ (рис. 15.6*а*). Если от катода сделать два вывода, то каждый вывод будет иметь в два раза меньшую индуктивность (рис. 15.6*б*, $X_L/2$). Так как эти выводы соединены параллельно, то общая индуктивность уменьшается в два раза, а по сравнению с одним катодным выводом — в четыре раза (рис. 15.6*в*, $X_L/4$).

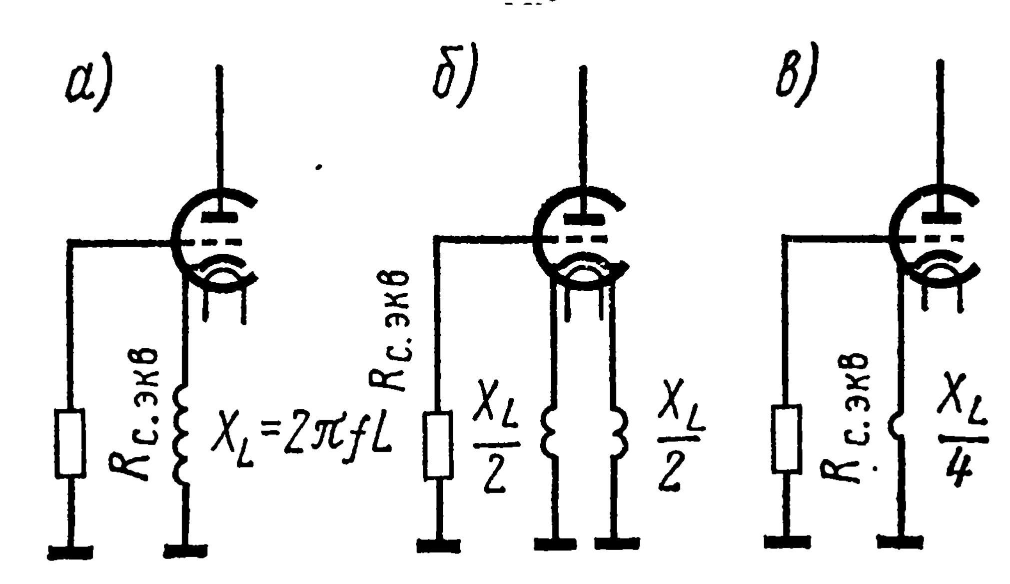


Рис. 15.6. Преимущества двух катодных выводов у лампы УВЧ блока ПТК

На этой индуктивности переменная составляющая анодного тока создает напряжение, которое через резистор $R_{с\cdot экв}$ (эквивалентное сопротивление сеточной цепи) подается в сеточную цепь и является напряжением отрицательной обратной связи, снижающей усиление. Поскольку при двух катодных выводах индуктивность уменьшается в четыре раза, то напряжение обратной связи тоже уменьшается, а усиление возрастет и чувствительность повысится. Кроме того, с уменьшением обратной связи возрастает входное сопротивление лампы.

Сигнал из антенны через согласующий трансформатор L_1L_2 поступает на сетку левого триода, который работает по обычной схеме усиления с заземленным катодом. Анодной нагрузкой первого каскада является дроссель $Др_1$, который вместе с внутриламповыми емкостями $C_{вых}$ и $C_{вх}$ образует П-образный контур.

Левый триод включен по схеме с заземленной сеткой и своим малым входным сопротивлением шунтирует П-образный контур, в результате чего он имеет широкую полосу пропускания и обеспечивает прием 12 телевизионных каналов. Резонансная частота контура выбирается равной примерно 170 МГц. Нагрузкой правого триода является контур L_3C_6, индуктивно связанный с сеточным контуром смесителя L_4C_{10} и контуром гетеродина L_5C_8.

В односеточном смесителе используется пентодная часть лампы 6Ф1П, а ее триодная часть образует каскад гетеродина.

Гетеродин собран по емкостной трехточечной схеме. Его частота подстраивается переменным конденсатором *Настройка*, ось которого выведена наружу. Связь гетеродина со смесителем индуктивно-емкостная ($L_4L_5C_{15}$). Точка соединения резисторов R_6 и R_7 является контрольной (КТ) при проверке работы гетеродина и настройке контуров УВЧ. Нагрузка смесителя выполнена в виде па-

ры взаиморасстроенных контуров. Первый контур L_6 вместе с катушкой связи L_7 находится в самом блоке, второй — L_8 — находится у конца выходного кабеля внутри восьмиштырькового разъема, используемого для подключения блока к телевизору.

Емкость выходного кабеля входит во вторичный контур L_8 как элемент связи, поэтому она не шунтирует контур. Это дает возможность увеличить общее усиление телевизионного приемника за счет увеличения нагрузочного сопротивления в цепи сетки первого каскада УПЧИ.

В последних моделях телевизоров применяют высокочастотные блоки, которые используют систему автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ). Эта система обеспечивает при уходе частоты гетеродина установку ее номинального значения, а также постоянство. Рассмотрение системы АПЧГ будет дано в гл. 17.

15.7. Транзисторный блок ПТК

Высокочастотный блок на транзисторах имеет то же назначение, принцип работы, конструкцию и общую схему построения, что и ламповый, однако имеет значительно меньшие габариты.

Схема содержит три каскада на трех транзисторах, выполняющих функции УВЧ, смесителя и гетеродина (рис. 15.7).

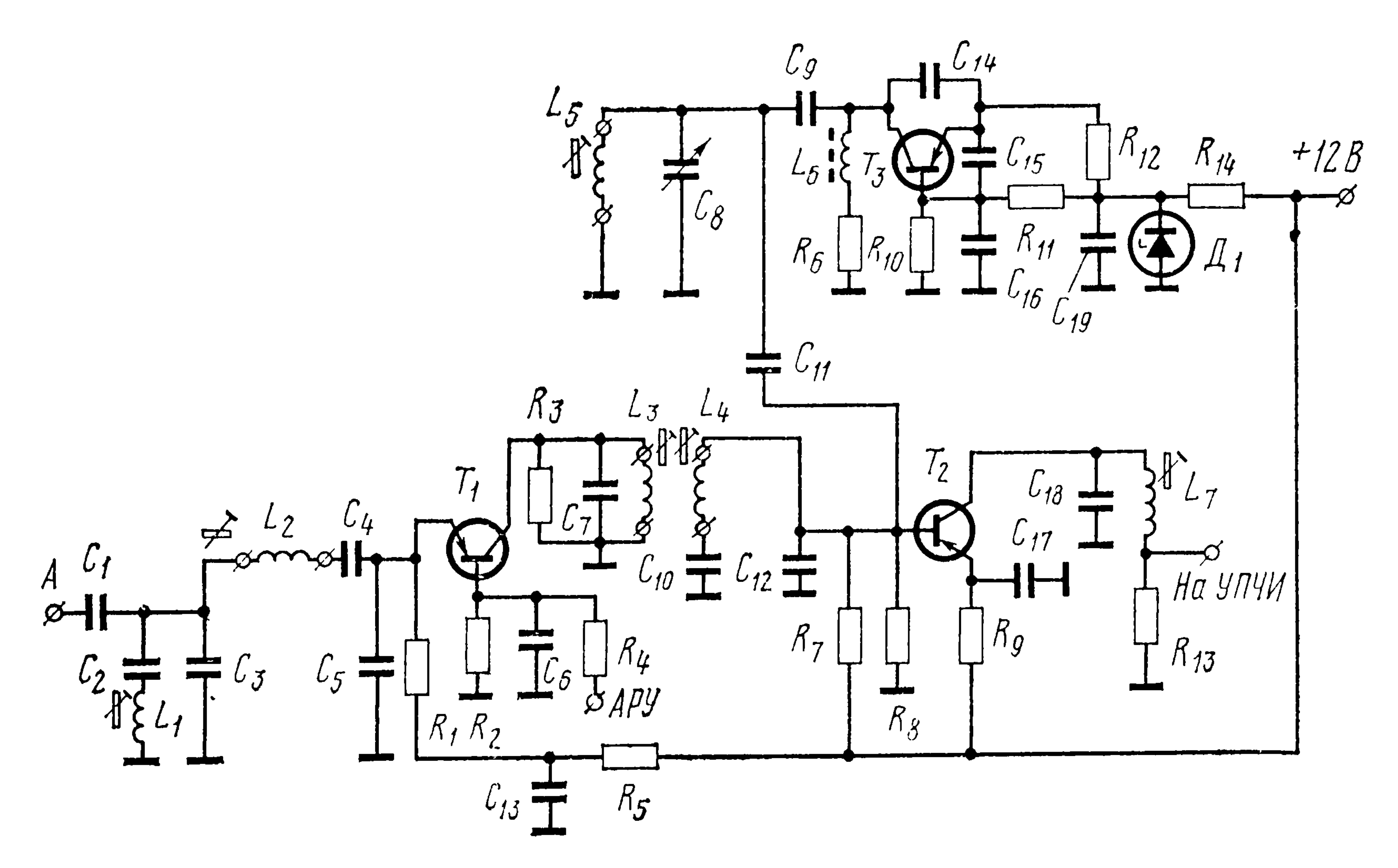


Рис. 15.7. Высокочастотный блок на транзисторах

Входная цепь образована колебательной системой, состоящей из: режекторного контура C_2L_1 и резонансного контура $L_2C_4C_5$, входная емкость транзистора T_1.

Режекторный контур настраивается на промежуточную частоту изображения и предназначен для подавления помех на этой часто-

те (иногда во входной цепи имеется несколько режекторных контуров).

Резонансный контур позволяет выделить сигнал данного канала и обеспечивает его увеличение в 1,5 раза.

С помощью емкостного делителя $C_3C_4C_5$ сигнал подается на вход УВЧ. Индуктивность переключающихся катушек L_2 различна для каждого канала и подстраивается собственным диамагнитным сердечником.

Усилитель высокой частоты собран по схеме с ОБ на транзисторе T_1 и обеспечивает достаточное усиление высоких частот.

В эмиттерную цепь через резистор R_1 подается напряжение положительной полярности от источника. Нагрузкой каскада УВЧ является двухконтурный фильтр L_3C_7 и $L_4C_{10}C_{12}$. Катушки L_3 и L_4 разные для каждого канала и переключаются барабанным переключателем одновременно со входными и гетеродинными катушками. Частотная характеристика этой системы такая же, как и частотная характеристика ламповых ПТК.

Гетеродин блока собран на транзисторе T_3 по схеме емкостной трехточки с заземленной базой. Контур гетеродина L_5C_8, и конденсаторы C_{14} и C_{15} образуют делитель напряжения, обеспечивающий обратную связь в генераторе.

Цепочка L_6R_6 пропускает постоянную составляющую коллекторного тока и преграждает путь току с частотой гетеродина в источник питания. Питание транзистора T_3 осуществляется через резистор R_{12}, а правильный режим обеспечивается резистором R_{11}. Подстройка частоты гетеродина осуществляется изменением емкости конденсатора C_8 и изменением индуктивности катушки L_5 с помощью сердечника.

Для повышения стабильности частоты гетеродина его питание по постоянному току производится от стабильного источника. Схему стабилизации составляет стабилитрон на диоде $Д_1$ и резистор R_{14}. От этого же источника питается транзистор T_1 УВЧ.

Смеситель выполнен на транзисторе T_2 по схеме с ОЭ. Схема имеет большое входное сопротивление для полосового фильтра УВЧ, что увеличивает ее избирательность. Сигналы с УВЧ на базу смесителя подаются с катушки L_4, а с контура гетеродина — через конденсатор C_{11}. Благодаря нелинейной характеристике транзистора обеспечивается преобразование сигналов, а необходимое для этого смещение рабочей точки обеспечивается резисторами R_7, R_8. Нагрузка смесителя состоит из катушки индуктивности L_7, резистора R_{13}, конденсатора C_{18} и входной емкости первого транзистора УПЧИ и образует П-образный фильтр, который обеспечивает выделение всей полосы пропускания и увеличение напряжения промежуточной частоты примерно в три раза. Фильтр настраивается на среднюю частоту полосы пропускания УПЧИ (35 МГц для нового стандарта), а его полоса пропускания составляет примерно 10 МГц.

Полученное на резисторе R_{13} напряжение подается на вход УПЧИ, который образован фильтром сосредоточенной селекции.

15.8. Прием в диапазоне дециметровых волн

Как известно, в Советском Союзе передача телевизионных сигналов осуществляется в диапазоне метровых волн. Для этой цели отведено 12 каналов, которые занимают спектр частот 48,5—100 МГц (I диапазон) и 174—230 МГц (III диапазон). Это количество каналов позволяет покрыть всю территорию страны только однопрограммным вещанием без взаимных помех между станциями, работающими в соседних каналах.

Для создания многопрограммного телевизионного вещания без помех в настоящее время осваивается диапазон дециметровых волн (ДЦВ), занимающий спектр частот от 470 до 622 МГц (IV и часть V диапазона), что позволяет разместить еще 19 каналов с шириной полосы каждого 8 МГц.

Ниже приведена табл. 15.3, в которой дано частотное распределение каналов дециметрового диапазона.

Таблица 15.3

Телевизионные каналы дециметрового диапазона

Телевизионные каналы	Полоса частот, МГц	Несущая частота изображения, МГц	Несущая частота звука, МГц	Телевизионные каналы	Полоса частот, МГц	Несущая частота изображения, МГц	Несущая частота звука, МГц
21	470,0—478	471,25	477,75	31	550,0—558	551,25	557,75
22	478,0—486	479,25	485,75	32	558,0—566	559,25	565,75
23	486,0—494	487,25	493,75	33	566,0—574	567,25	573,75
24	494,0—502	495,25	501,75	34	574,0—582	575,25	581,75
25	502,0—510	503,25	509,75	35	582,0—590	583,25	589,75
26	510,0—518	511,25	517,75	36	590,0—598	591,25	597,75
27	518,0—526	519,25	525,75	37	598,0—606	599,25	605,75
28	526,0—534	527,25	533,75	38	606,0—614	607,25	613,75
29	534,0—542	535,25	541,75	39	614,0—622	615,25	621,75
30	542,0—550	543,25	549,75				

По сравнению с метровым диапазоном дециметровый имеет ряд преимуществ:

1. Возможность размещения большого числа каналов.

2. Вследствие повышенного затухания волн дециметрового диапазона меньшее взаимное влияние близко расположенных передатчиков одинаковых каналов.

3. Высокое качество принимаемого изображения за счет незначительного мешающего воздействия индустриальных помех.

Однако телевизионное вещание в дециметровом диапазоне имеет ряд трудностей, связанных с особенностями распространения, передачи и приема сигналов в этом диапазоне. Так, например, при работе на ДЦВ требуется большая напряженность поля, повышаются требования к приемной антенне, размеры которой уменьшаются с ростом частоты.

Кроме того, для приема в этом диапазоне в телевизоре должны быть входные высокочастотные устройства, отличающиеся как по конструкции, так и в схемном решении от блоков ПТК и СКМ. Специальные повышенные требования предъявляются также к лампам, транзисторам и резонансным системам, предназначенным для работы на ДЦВ.

Прием телевизионных передач на ДЦВ можно осуществлять двумя способами:

1. С помощью приставки-конвертера, которая преобразовывает принимаемые сигналы ДЦВ диапазона в сигналы одного из неиспользуемых в данном пункте каналов метрового диапазона.

Приставки позволяют осуществлять прием дециметровых программ на телевизорах любых типов, причем переделки — ни схемной, ни конструктивной не требуется.

Структурная схема приставки-конвертера показана на рис. 15.8. Прием осуществляется на дециметровую антенну, с которой сиг-

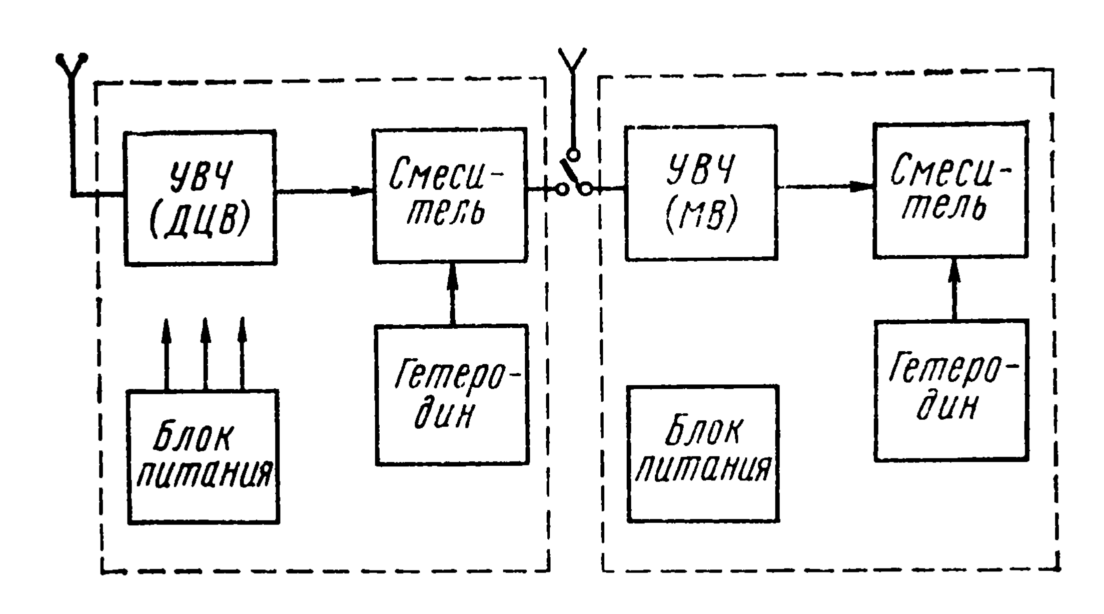


Рис. 15.8. Структурная схема приставки-конвертера

нал поступает в УВЧ конвертера, а затем в смеситель, где он смешивается с колебаниями местного гетеродина. Частота гетеродина ниже частоты принимаемого сигнала для того, чтобы не допустить изменения взаимного расположения несущих изображения и звука, т. е. $f_г = f_{сигн} - f_{пр1}$, где $f_г$ — выбранная частота гетеродина; $f_{сигн}$ — частота принимаемого сигнала; $f_{пр1}$ — первая промежуточная частота.

Первая промежуточная частота должна соответствовать частоте выбранного канала метрового диапазона, которая затем поступает на вход блока ПТК телевизора.

Конструктивно конвертер выполнен в виде отдельной приставки с автономным питанием, выход которой подключается к антенному гнезду телевизионного приемника с помощью соединительного кабеля. Переключатель каналов блока ПТК телевизора при этом устанавливается в то положение канала метрового диапазона, который отведен для приема ДЦВ. Приставка устанавливается либо рядом с телевизором, либо укрепляется на его задней стенке. Дециметровая антенна включается в соответствующее гнездо, расположенное на задней стенке конвертера. При приеме станций мет-

рового диапазона его антенна подключается непосредственно к телевизору, и приставка-конвертер отключается.

Переключение конвертера на соответствующий канал метрового диапазона осуществляется перестройкой частоты его гетеродина.

Кроме индивидуальных конвертеров, могут использоваться коллективные ДЦВ конвертеры, включаемые в сеть антенн коллективного пользования. Такой конвертер выполняется также в виде приставки и соединяется непосредственно со снижением коллективной ДЦВ антенны. Конвертер преобразует дециметровые сигналы в сигналы одного из свободных в месте приема каналов метрового диапазона, а затем с помощью существующей распределительной сети преобразованные сигналы поступают в телевизионные приемники, переключатели каналов которых устанавливаются в соответствующее положение метрового диапазона.

Описанный способ может иметь ограниченное распространение в связи с тем, что велики помехи, создаваемые паразитным излучением частоты гетеродина.

2. С помощью второго (наряду с блоком метрового диапазона) высокочастотного дециметрового блока, который предназначен для приема и преобразования дециметровых сигналов в сигналы стандартной промежуточной частоты.

Дециметровый блок — СКД (селектор каналов дециметровый) также, как и блок метрового диапазона, содержит входную цепь, УВЧ, смеситель и гетеродин. На выходе блока выделяются сигналы промежуточных частот звука и изображения (соответственно 31,5 и 38 МГц).

Блок СКД обеспечивает несколько меньшее усиление сигнала, чем блок метрового диапазона (СКМ), поэтому чувствительность телевизора при работе в дециметровом диапазоне меньше, чем при работе в метровом. В связи с этим выход блока СКД соединяется со входом смесителя блока СКМ, который в этом случае является дополнительным усилителем промежуточной частоты.

Этот метод так же, как и первый, требует установки в телевизоре дополнительных блоков, что усложняет эксплуатацию. Поэтому в дальнейшем предполагается установка в телевизоре одного блока, который обеспечит прием как в метровом, так и в дециметровом диапазонах.

15. 9. Особенности работы элементов схемы в дециметровом диапазоне

В дециметровом диапазоне волн размеры деталей и соединительных проводов становятся соизмеримыми с длиной волны, поэтому в этом диапазоне применяются колебательные системы с распределенными параметрами. Эти системы представляют собой отрезки длинных линий и волноводов, которые называются объемными или полыми резонаторами. В связи с этим, прежде чем рассмотреть схему высокочастотного блока ДЦВ, следует рассмотреть свойства разомкнутых и короткозамкнутых отрезков линий при

различных соотношениях между их длиной и длиной волны питающего генератора.

Известно, что в линиях, не имеющих нагрузки, устанавливаются стоячие волны, при которых ток и напряжение меняются, а следовательно, меняется и сопротивление линии для генератора. Это сопротивление зависит от длины линии, так как оно определено отношением напряжения к току, которые вдоль линии не постоянны.

На рис. 15. 9 показано распределение тока и напряжения для разомкнутой линии различной длины и приведены соответствующие эквивалентные схемы.

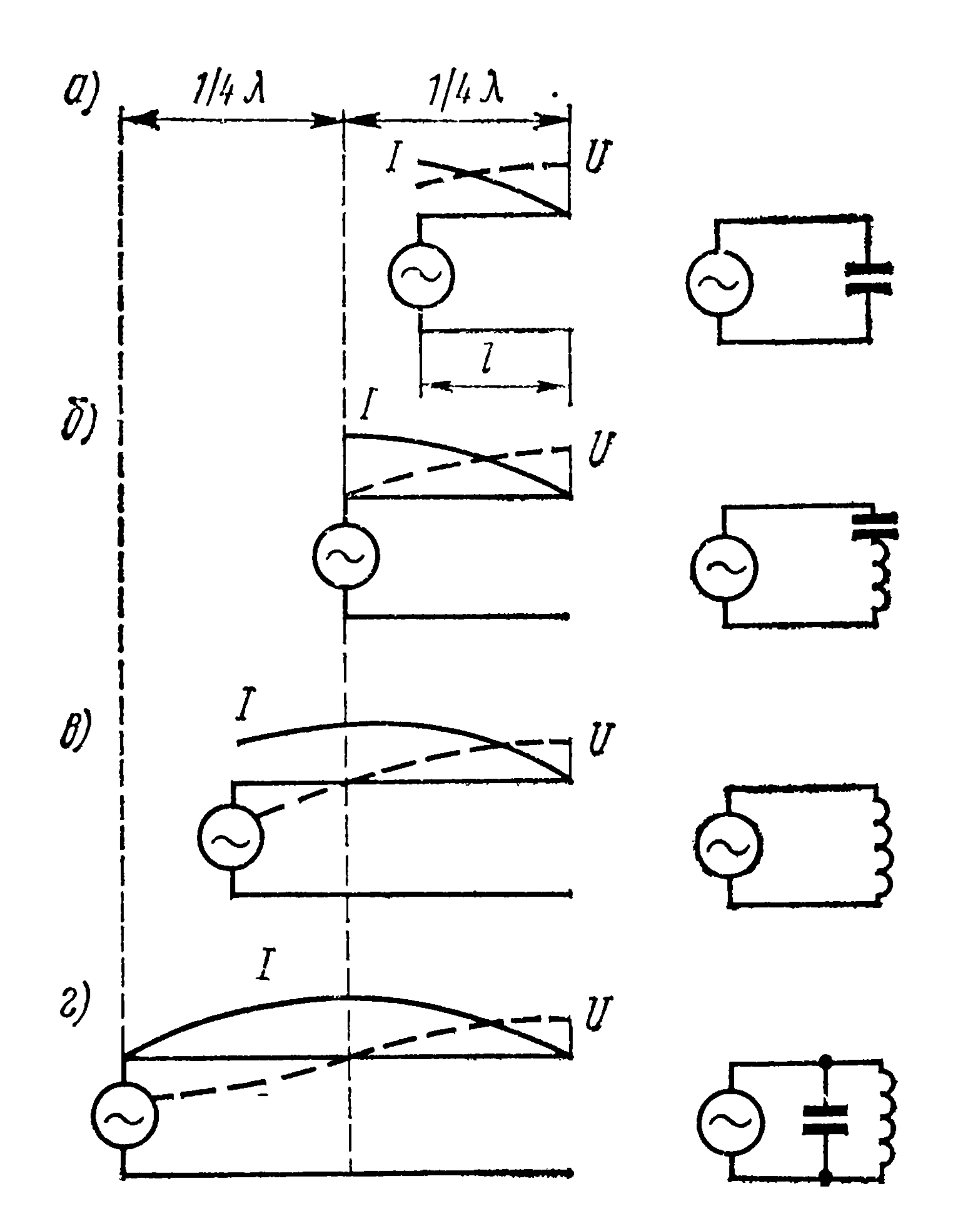


Рис. 15.9. Электрические колебания в разомкнутой линии различной длины

Из рисунка видно, что когда длина линии $l<\lambda/4$ (рис. 15. 9*а*), ток опережает напряжение, поэтому сопротивление линии для генератора носит емкостный характер.

Когда $l=<\lambda/4$ (рис. 15.9*б*), на зажимах генератора ток минимальный, а напряжение равно нулю. Это значит, что линия для генератора имеет наименьшее и чисто активное сопротивление, что эквивалентно последовательному колебательному контуру, настроенному в резонанс.

При длине $\lambda/4<l<\lambda/2$ входное сопротивление носит индуктивный характер (рис. 15.9*в*), а когда $l=\lambda/2$, входное сопротивление велико, что эквивалентно параллельному колебательному контуру, настроенному в резонанс (рис. 15.9*г*).

При дальнейшем изменении l до величины λ и удлинении линии на целое число полуволн все рассмотренные режимы и значения входного сопротивления повторяются. Это значит, что разомкнутая на конце линия имеет малое сопротивление при ее длине $\lambda/4$, $^3/_4\lambda$, $^5/_4\lambda$ и т. д., т. е. при нечетном числе четвертей волн. Бесконечно большое сопротивление разомкнутая на конце линия будет иметь тогда, когда ее длина кратна четному числу четвертей волн.

На рис. 15.10 приведены кривые распределения тока и напряжения для короткозамкнутой линии. Из рисунка видно, что короткозамкнутая линия по своим свойствам противоположна разомкнутой.

При $l<\lambda/4$ линия носит индуктивный характер. При $l=\lambda/4$ входное сопротивление линии бесконечно велико и она эквивалентна параллельному колебательному контуру. Такое же сопротивле-

ние имеет короткозамкнутая линия, если ее длина кратна нечетному числу четвертей волн. При $\lambda/4<l<\lambda/2$ линия носит емкостный характер, а при $l=\lambda/2$ ее входное сопротивление равно нулю и линия эквивалентна последовательному колебательному контуру. Это справедливо и для короткозамкнутой линии при ее длине, равной четному числу четвертей волн.

Из изложенного следует, что разомкнутая или короткозамкнутая линия, имеющая длину, кратную $\lambda/4$, эквивалентна контуру с последовательным или параллельным резонансом и поэтому может быть использована в резонансных усилителях в качестве нагрузки.

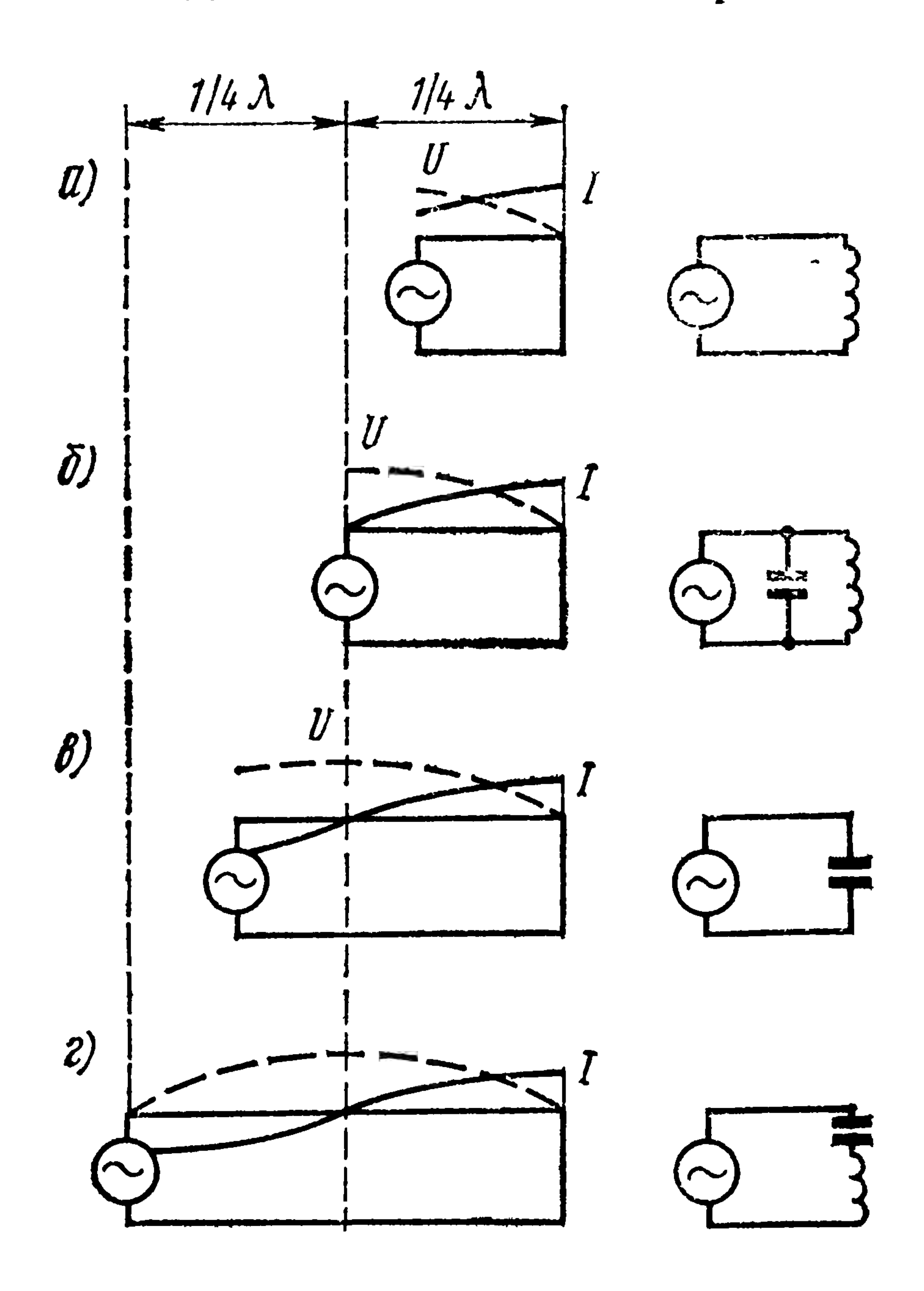


Рис. 15.10. Электрические колебания в короткозамкнутой линии различной длины

В большинстве известных схем УВЧ и гетеродинов используются параллельные резонансные контуры, поэтому основным типом контуров для дециметровых волн является четвертьволновый отрезок короткозамкнутой или полуволновый отрезок разомкнутой симметричной или коаксиальной линии. Входное сопротивление такой линии при настройке в резонанс велико и является чисто активным. При расстройке в ту или другую сторону от резонанса входное сопротивление приобретает емкостный или индуктивный характер. Именно так изменяется вблизи резонансной частоты полное сопротивление параллельного колебательного контура с сосредоточенными параметрами.

Кроме резонансных линий, в качестве колебательных контуров используются объемные резонаторы (контуры). В этом случае колебательный контур имеет вид замкнутой металлической коробки, вдоль оси которой располагается внутренний проводник, выполненный в виде стержня. Переменное электрическое поле действует между основаниями резонатора, а магнитные силовые линии в виде концентрических колец окружают электрическое поле.

В такой экранированной колебательной системе потери на излучение отсутствуют и нет внешнего поля, способного создавать паразитные связи с другими цепями.

Связь между колебательными системами с распределенными параметрами осуществляется по-разному. Симметричные линии связываются с другими цепями индуктивно с помощью витка про-

вода. Для связи с контуром, выполненным в виде отрезка коаксиальной линии, используют индуктивную петлю, положение которой определяет степень связи.

Связь объемных резонаторов с другими цепями осуществляется либо с помощью индуктивной петли, которая вводится внутрь резонатора, либо применением дифракционной связи через отверстие (щель) в общей стенке между камерами двух резонаторов. Такая связь усиливается при увеличении размеров отверстия.

15.10. Высокочастотный дециметровый блок типа СКД-1

Селектор каналов дециметрового диапазона СКД-1 предназначен для приема сигналов изображения и звукового сопровождения на телевизионных каналах в диапазоне 470—622 МГц.

Принципиальная схема селектора показана на рис. 15.11.

Антенный ввод подключается ко входу селектора через петлю связи L_1, предназначенную для согласования низкоомного сопро-

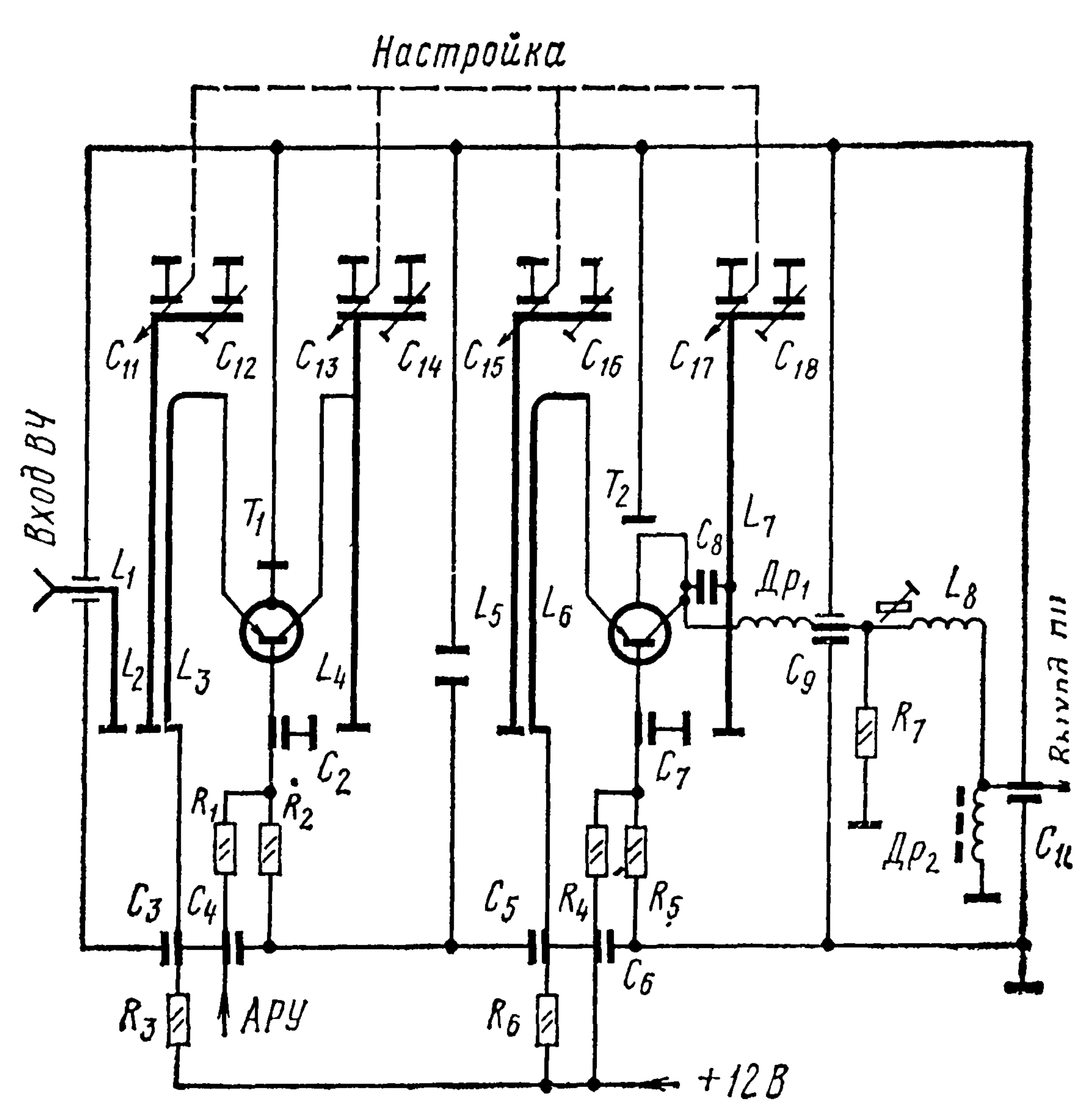


Рис. 15.11. Схема транзисторного дециметрового блока СКД-1

тивления антенны и входного настраиваемого контура $L_2C_{11}C_{12}$, с которого высокочастотный сигнал через петлю связи L_3 поступает в эмиттерную цепь транзистора T_1 — усилителя высокой частоты. Нагрузкой коллекторной цепи транзистора T_1 служит полосовой фильтр, образованный двумя четвертьволновыми отрезками длинных линий L_4L_5 и переменными конденсаторами C_{13}, C_{14}, C_{15} и C_{16}. Для согласования выходного сопротивления транзистора T_1 с на-

грузкой применено неполное включение коллектора транзистора в контур $L_4C_{13}C_{12}$.

Для получения требуемой ширины полосы пропускания и высокой избирательности связь между контурами $L_4C_{13}C_{14}$ и $L_5C_{15}C_{16}$ выбрана выше критической. Она осуществляется через щель в перегородке между контурами в короткозамкнутом конце линий L_4 и L_5.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ) производится путем подачи положительного напряжения в цепь базы транзистора T_1. Транзистор T_2 — автогенерирующий смеситель, собран по схеме с ОБ. Он связан с полосовым фильтром петлей связи L_6.

Коллектор T_2 нагружен по высокой частоте контуром гетеродина $L_7C_{17}C_{18}$, а по промежуточной — контуром L_8C_9. Гетеродин выполнен по схеме емкостной трехточки, в которой связь между эмиттером и коллектором осуществляется через междуэлектродную емкость $C_{эк}$. Для увеличения этой связи к коллектору подключен вывод корпуса транзистора.

Связь коллектора транзистора с контуром гетеродина L_7C_{17} — неполная, осуществляется при помощи транзистора C_8.

Ручка настройки связана через верньерное устройство с осью, на которую насажены роторы переменных конденсаторов C_{11}, C_{13}, C_{15} и C_{17}. Необходимое сопряжение контуров, к которым подключен каждый из этих конденсаторов, производится при помощи гибких металлических пластинок (подстрочных конденсаторов C_{12}, C_{14}, C_{16}, C_{18}).

Селектор СКД-1 собран в прямоугольном корпусе, который разделен перегородками на пять отсеков. В первом размещены входной контур $L_2C_{11}C_{12}$ и петли связи L_1L_3, во втором — контур $L_4C_{13}C_{14}$, в третьем — контур $L_5C_{15}C_{16}$ и петля связи L_6. В перегородке между вторым и третьим отсеками имеется щель для связи. В четвертом отсеке находятся контур гетеродина $L_7C_{17}C_{18}$ и детали его цепей. В пятом отсеке установлены детали выходных цепей и верньерное устройство.

Контрольные вопросы

1. Перечислите и обоснуйте основные требования, которые предъявляются к блоку высокой частоты.
2. Объясните назначение входной цепи блока.
3. Что такое каскодная схема УВЧ? Почему она используется в высокочастотном блоке?
4. Почему в каскаде УВЧ работают триоды?
5. Какие меры приняты в УВЧ против самовозбуждения?
6. Какие требования предъявляются к гетеродину блока?
7. Какие меры приняты в блоке для уменьшения излучения частоты гетеродина?
8. Объясните работу схемы блока ПТК.
9. В чем основные отличия транзисторного блока от лампового?
10. Как осуществляется прием в диапазоне ДЦВ?
11. Объясните работу схемы СКД-1.

Глава 16.

КАНАЛ ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

16.1. Общие сведения

Все современные телевизионные передатчики производят передачу сигналов звукового сопротивления с использованием частотной модуляции (ЧМ). Это объясняется тем, что при приеме частотномодулированных (ЧМ) колебаний влияние помех значительно меньше, чем при приеме амплитудномодулированных (АМ) колебаний той же мощности. Кроме того, при ЧМ обеспечивается бóльший динамический диапазон звука и возможность его приема по методу биений между несущими частотами изображения и звука.

Как было показано в гл. 6, существуют два основных метода приема звукового сопровождения: метод использования дополнительного канала промежуточной частоты звука после смесителя (двухканальные телевизоры) и метод с использованием биений между несущими (одноканальные телевизоры).

В двухканальных телевизорах отсутствует возможность высококачественного воспроизведения звука, поэтому эти схемы с 1956 г. не используются. Здесь будет рассмотрен канал звукового сопровождения одноканального телевизора. Следует иметь в виду, что схема канала звукового сопровождения двухканального телевизора мало отличается от рассматриваемой; разница состоит только в частоте настройки контуров УПЧ.

В одноканальном телевизоре промежуточные частоты изображения и звука после смесителя поступают для усиления в УПЧИ, затем подаются на видеодетектор, где осуществляется второе преобразование сигнала звукового сопровождения в разностную частоту, равную 6,5 МГц, причем частотой гетеродина для $f_{пр.зв}$ является здесь промежуточная частота сигналов изображения. Затем разностная частота сигнала звука либо подается на усилитель промежуточной частоты звука (УПЧЗ), либо предварительно усиливается в видеоусилителе. Разностная частота 6,5 МГц оказывается промодулированной по частоте сигналами звука, а по амплитуде — сигналами изображения.

Усилитель разностной частоты звука содержит один или два каскада, после которых сигнал поступает на частотный детектор. Если в схеме используется дискриминатор, то перед ним включен каскад ограничителя. Если же в схеме применен дробный детектор, то частичное ограничение происходит в УПЧЗ. Выделенные частотным детектором сигналы низкой частоты подаются на усилитель низкой частоты (УНЧ), который может содержать предварительный и оконечный каскады, а может быть и однокаскадным.

К каналу усиления сигналов звукового сопровождения предъявляются следующие требования:

1. Напряжение промежуточной частоты звука, подаваемое на видеодетектор, должно составлять 0,05—0,1 от напряжения промежуточной частоты видеосигнала.

2. Должен быть обеспечен участок частотной характеристики, на котором расположена промежуточная частота несущей звука в виде ровной ступеньки в пределах 0,5 МГц (рис. 14. 1), так как только в этом случае не будет помех от звука на изображении из-за нестабильности частоты гетеродина.

3. Разностная частота 6,5 МГц модулирована по амплитуде видеосигналом. Видеосигнал содержит гасящие и синхронизирующие импульсы кадровой частоты 50 Гц. Если сигнал разностной частоты усиливается в усилителе, где нарушена линейность анодно-сеточной характеристики и линейность характеристики частотного детектора, то появляется фон кадровой частоты в виде характерного рокота с частотой 50 Гц. Лампы могут работать в нелинейном режиме из-за плохой работы АРУ, изменения режимов питания и др. Это обстоятельство накладывает жесткие требования к линейности режима каскадов, усиливающих разностную частоту звука 6,5 МГц.

16. 2. Усилитель промежуточной частоты звука

Назначение усилителя промежуточной частоты звука состоит в обеспечении требуемого неискаженного усиления сигналов промежуточной частоты звука, для чего его частотная характеристика должна иметь определенную форму и полосу пропускания. Номинальная полоса модулирующих частот, принятая в телевидении для звукового сопровождения, лежит в пределах от 30 Гц до 15 кГц, а максимальная девиация, соответствующая наибольшим амплитудам модулирующего сигнала, равна +50 кГц.

Усилитель промежуточной частоты звука должен обеспечить равномерное усиление ЧМ сигнала в полосе частот 300 кГц. Трехкратный запас полосы исключает внесение в ЧМ сигнал амплитудной модуляции. Действительно если УПЧЗ будет иметь полосу пропускания, равную 100 кГц, то при этом (рис. 16.1, слева) наибольшее усиление будет иметь сигнал с частотой 6,5 МГц, а при отклонении от этой частоты амплитуда сигнала будет меняться, т. е. появится дополнительная модуляция ЧМ сигнала по амплитуде. При полосе УПЧЗ, равной 300 кГц, ЧМ сигнал усиливается с одинаковой амплитудой (рис. 16. 1, справа).

На рис. 16. 2*а* представлена типовая схема УПЧЗ, а на рис. 16. 2*б* даны частотные характеристики усилителя.

Входной контур L_1C_1 настраивается на частоту 6,5 МГц и выделяет сигналы этой частоты из общего сигнала, полученного на нагрузке видеодетектора или видеоусилителя. Резонансная характеристика этого контура одногорбая (рис. 16. 2*б*). Анодной нагрузкой усилителя обычно является полосовой фильтр, настроенный на

частоту $f_{пр\cdot з}$=6,5 МГц. Между контурами L_2C_5 и L_3C_7 выбирается связь больше критической, поэтому частотная характеристика фильтра получается двугорбой с крутыми склонами и провалом на

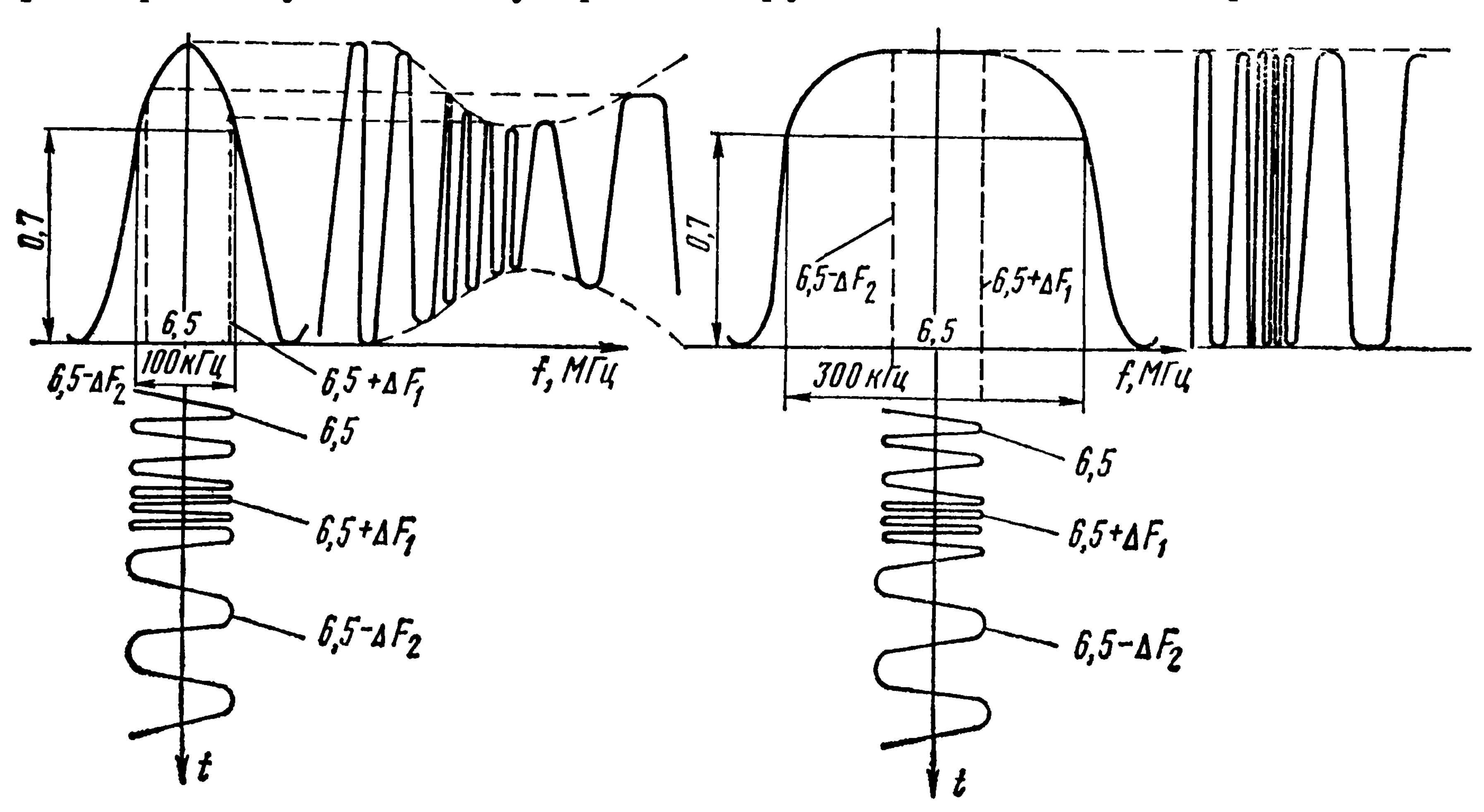


Рис. 16.1. Усиление ЧМ сигнала в УПЧЗ с различными полосами пропускания

резонансной частоте (рис. 16.2*б*, кривая *2*). Такая форма частотной характеристики позволяет хорошо отфильтровать различные мешающие сигналы.

Общая частотная характеристика, полученная как произведение частотных характеристик *1* и *2*, получается с довольно круты-

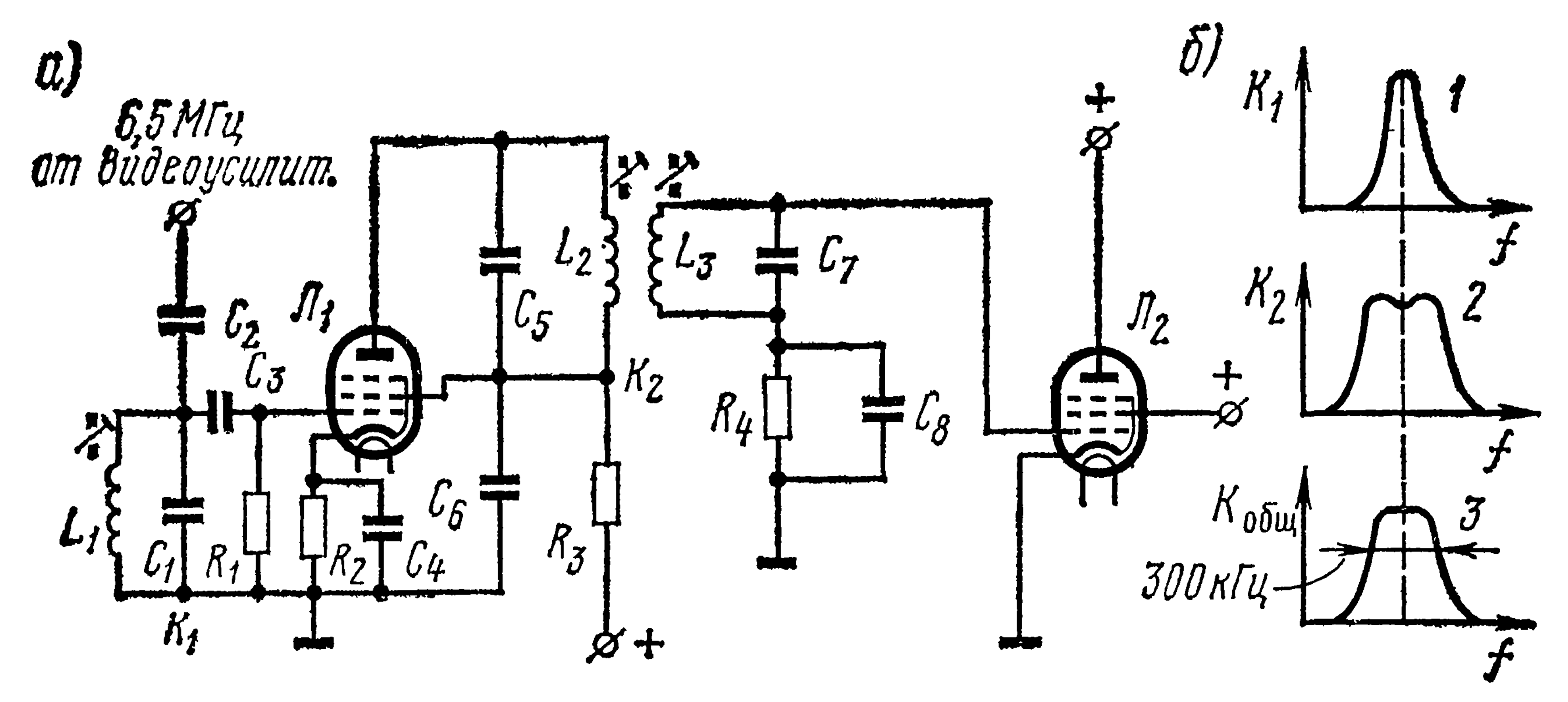


Рис. 16.2. УПЧ звукового канала:
а) приницципиальная схема; *б*) частотные характеристики

ми склонами и почти плоской вершиной (рис. 16.2*б*, кривая *3*). Ширина полосы пропускания на уровне 0,7 составляет 300 кГц.

Напряжение со вторичного контура полосового фильтра L_3C_7 подается на управляющую сетку лампы $Л_2$ амплитудного ограничителя.

16.3. Схема УПЧЗ на транзисторах

В УПЧЗ транзисторных схем используются более низкочастотные транзисторы, чем в канале изображения. Выполняются УПЧЗ по схемам с ОБ и ОЭ. Количество каскадов УПЧЗ бывает от одного до трех. Один каскад используется в телевизорах, где разностная частота 6,5 МГц предварительно усиливается видеоусилителем.

В качестве элементов связи между каскадами используются одиночные контуры, двухконтурные полосовые фильтры, а иногда и более сложные системы связанных контуров. Применяются также и резистивные усилители.

В УПЧЗ также, как и в УПЧИ, принимаются меры к тому, чтобы изменение параметров транзисторов не влияло на форму частотной характеристики каскада. Для этого связь транзисторов с контурами делается слабой и используется частичное включение контуров, при этом вносимые в контур сопротивления уменьшаются.

Практическая схема УПЧЗ на транзисторах показана на рис. 16.3.

Двухкаскадный усилитель выполнен на транзисторах T_1, T_2, T_3. Вторая промежуточная частота звука 6,5 МГц с необходимой по-

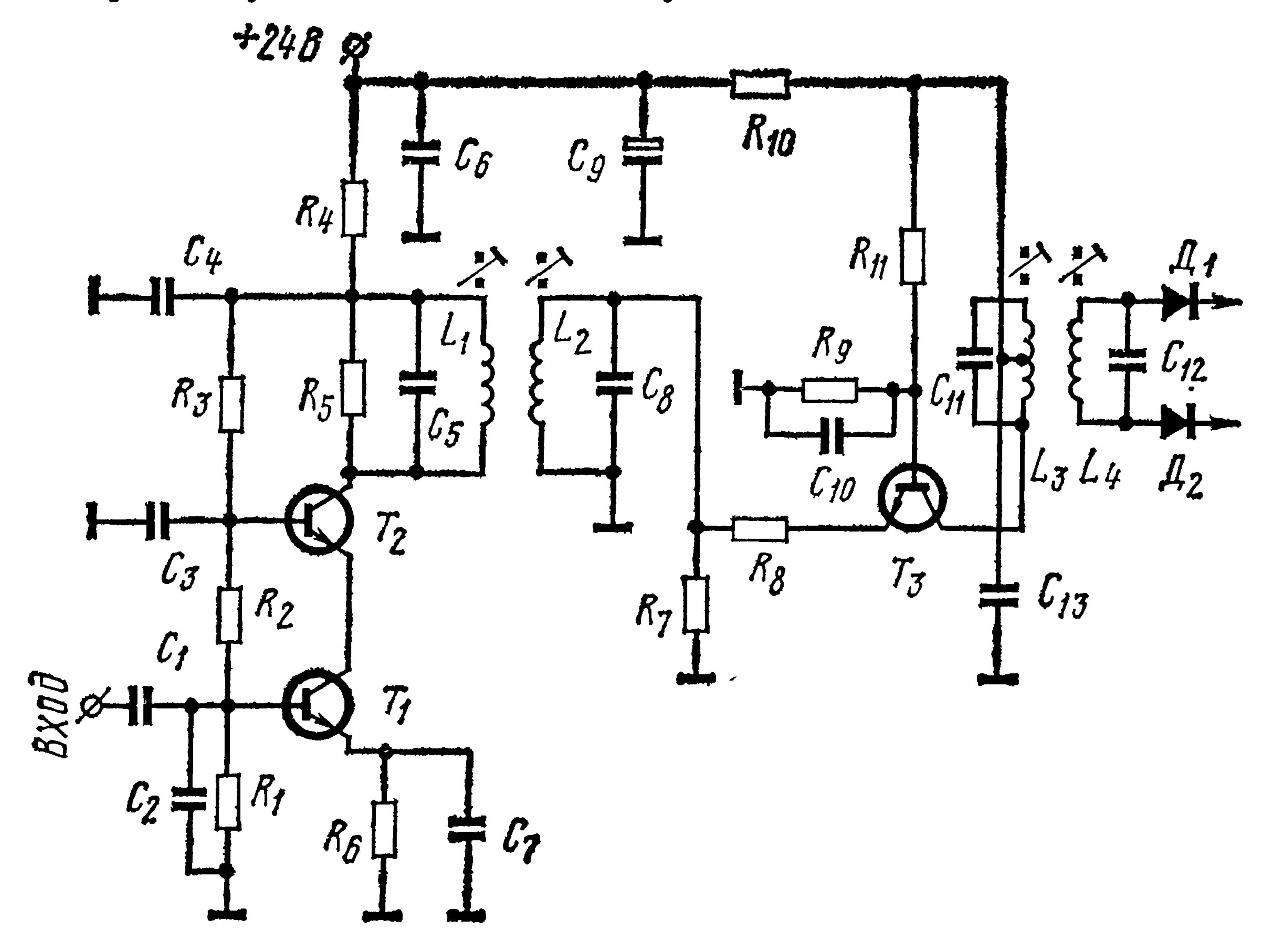


Рис. 16.3. Схема УПЧЗ на транзисторах

лосой пропускания выделяется в видеоусилителе и через емкостный делитель C_1C_2 подается на первый каскад УПЧЗ на транзисторах T_1, T_2. Нагрузкой каскада является полосовой фильтр $L_1C_5L_2C_8$. Резисторы R_3, R_2, R_1, R_6 обеспечивают режим каскада по постоянному току. Резистор R_4 и конденсатор C_4 являются раз-

вязывающим фильтром. Конденсатор C_3 заземляет по высокой частоте базу транзистора T_2, а конденсатор C_7 является блокировочным для частоты 6,5 МГц.

Второй каскад УПЧЗ собран по схеме с ОБ на транзисторе T_3. Нагрузкой каскада является контур частотного детектора $L_3C_{11}L_4C_{12}$. В схеме используется частичное включение контура в коллекторную цепь транзистора. Резисторы R_{11}, R_9, R_8, R_7 обеспечивают режим транзистора T_3 по постоянному току. Резистор R_{10} и конденсатор C_{13} являются развязывающим фильтром. Конденсатор C_{10} заземляет по высокой частоте базу транзистора T_3. Резистор R_{10} и конденсаторы C_6, C_9 являются развязывающим фильтром в цепи питания.

16.4. Амплитудный ограничитель

Назначение амплитудного ограничителя заключается в устранении паразитной амплитудной модуляции у ЧМ сигнала звука, которая возникает при получении разностной частоты 6,5 МГц вследствие использования в качестве частоты гетеродина АМ сигнала промежуточной частоты изображения. Глубина этой модуляции может превышать 80% и ухудшать качество звукового сопровождения.

Ограничителем в схеме обычно служит последний каскад УПЧЗ. Ограничитель — это устройство, в котором, начиная с некоторого значения входного напряжения, называемого порогом ограничения, выходное напряжение остается постоянным. Достигается это уменьшением раствора характеристики лампы, для чего на ее анод и экранирующую сетку подается пониженное напряжение питания. В цепь управляющей сетки включается цепочка RC, на которой сеточный ток создает отрицательное напряжение смещения определенной величины.

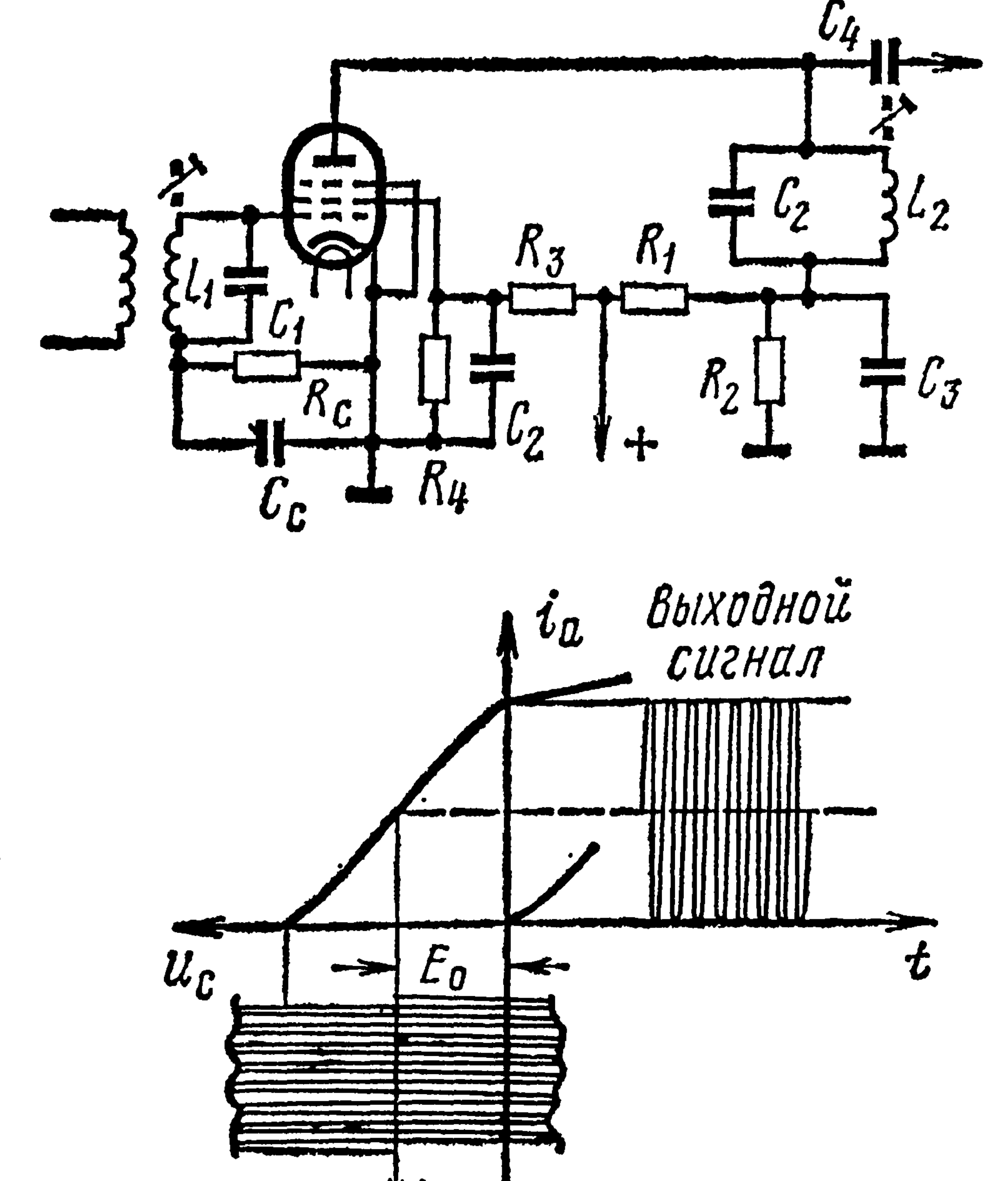


Рис. 16.4. Амплитудный ограничитель

На рис. 16.4 показана схема амплитудного ограничителя на пентоде и его анодно-сетчатая характеристика.

Низкое напряжение на аноде (10—15 В) и экранирующей сетке (20—40 В) создается омическими делителями $R_1R_2R_3R_4$.

Когда сигнал отсутствует, напряжение на управляющей сетке лампы равно нулю, так как каскад работает без начального смещения. При подаче сигнала в положительные полупериоды возникает сеточный ток, который заряжает конденсатор C_c. В отрицательный полупериоды конденсатор C_c разряжается на резистор R_c и поддерживает на нем требуемое напряжение смещения E_0. Величина этого напряжения меняется при изменении амплитуды приходящего сигнала, а при некотором значении ее наступает отсечка анодного тока, в результате которой сигнал отрицательной полярности будет ограничен по амплитуде снизу. Положительные полупериоды имеют двойное ограничение, во-первых, они создают сеточный ток, наличие которого шунтирует нагрузку предыдущего каскада (УПЧЗ) и, следовательно, уменьшается сигнал на входе ограничителя. Чем больше амплитуда сигналов, тем больше ток сетки, тем больше шунтируется нагрузка УПЧЗ и уменьшается усиление этого каскада, во-вторых, ограничение этих полупериодов происходит за счет работы на верхнем загибе анодно-сеточной характеристики лампы.

Раствор характеристики для пентодных ограничителей составляет 1—3 В. Поэтому для эффективного ограничения амплитуда входного сигнала должна быть в несколько раз больше, т. е. не менее 3—6 В.

При рассмотрении работы ограничителя необходимо иметь в виду следующее: входной сигнал ограничивается сверху и снизу. Это значит, что искажается синусоидальная форма напряжения с частотой 6,5 МГц, а вследствие этого появляется большое число гармонических составляющих, которые не должны попасть в анодный контур. Поэтому анодный контур ограничителя должен иметь высокую избирательность, отфильтровывать все образующиеся гармоники и пропускать только спектр полезного сигнала.

16.5. Частотные детекторы

К частотному детектору предъявляются следующие требования:

1. Изменения частоты входного сигнала должны быть преобразованы в изменения амплитуды этого сигнала с последующим детектированием и выделением сигнала низкой частоты.

2. Должна быть обеспечена прямая зависимость между изменением частоты входного сигнала и изменением амплитуды сигнала, подаваемого на детектор, при этом искажения, которые могут возникнуть, должны быть минимальными.

3. Коэффициент передачи частотного детектора должен быть высоким.

На практике существует несколько схем частотных детекторов: детектор с расстроенным контуром, частотный дискриминатор, дробный детектор.

Детектор с расстроенным контуром. Простейшим частотным детектором может быть обычный резонансный контур, расстроенный

в ту или другую сторону относительно частоты детектируемого сигнала. Допустим, что контур настроен так, что ЧМ сигнал расположен на середине правого склона его частотной характеристики (рис. 16.5). В этом случае увеличение частоты входного сигнала, соответствующее, например, большей амплитуде звука, вызовет уменьшение напряжения на контуре, а уменьшение этой частоты будет сопровождаться увеличением напряжения. Если полное изменение частот сигнала происходит на линейном участке резонансной характеристики контура, то на его выходе получится сигнал, модулированный по амплитуде в соответствии с законом частотной модуляции. Этот амплитудно-модулированный сигнал детектируется затем с помощью обычного амплитудного детектора. Однако такой ЧМ детектор почти не применяется, из-за очень низкой эффективности при большой девиации частоты, которая используется при ЧМ.

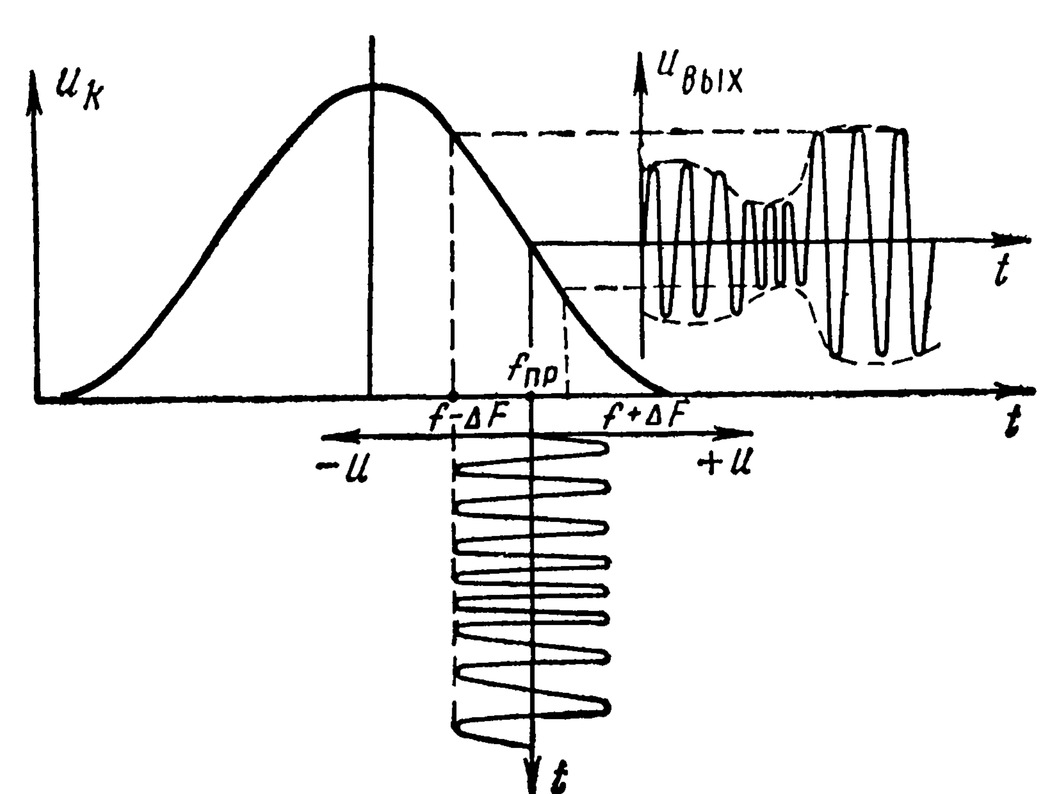


Рис. 16.5. Частотный детектор с расстроенным контуром

Частотный дискриминатор. Работа частотного дискриминатора (его иногда называют фазовым дискриминатором) основана на сдвиге фаз между ЭДС и током в зависимости от изменения частоты сигнала с последующим амплитудным детектированием напряжения. Для лучшего понимания принципа работы частотного дискриминатора напомним некоторые фазовые соотношения между током и напряжением в цепях, которые составлены активным, емкостным, индуктивным или смешанным сопротивлением. В том случае, когда генератор нагружен на активное сопротивление (например, резонансный контур, частота которого совпадает с частотой генератора), ток в цепи совпадает по фазе с напряжением на нагрузке.

Если генератор нагружен на чистую емкость, то ток опережает напряжение на 90°; по мере роста напряжения ток уменьшается и только через четверть периода, когда напряжение станет максимальным, ток будет равен нулю.

Если генератор нагружен на чистую индуктивность, то напряжение на ней опережает проходящий ток на 90°, так как в момент включения в индуктивности возникает ЭДС самоиндукции, которая по величине равна напряжению генератора и препятствует прохождению тока. Далее, когда ЭДС самоиндукции начинает уменьшаться, ток в цепи генератора будет возрастать и достигнет максимума, когда ЭДС будет равна нулю. Если генератор нагружен не на чистую емкость или индуктивность, а нагрузка является смешанной, то угол сдвига фаз меньше 90°.

Перейдем теперь к рассмотрению фазовых соотношений в частотном дискриминаторе, схема которого показана на рис. 16.6*а*.

Лампа $Л_1$ работает в режиме ограничения: ее анодной нагрузкой служит фазосдвигающий трансформатор, настроенный на частоту 6,5 МГц и преобразующий ЧМ сигнал в АМ сигнал.

Трансформатор состоит из двух контуров: анодного L_1C_1 и диодного $(L_2+L_3)C_2$. Общая точка одинаковых катушек L_2 и L_3 под-

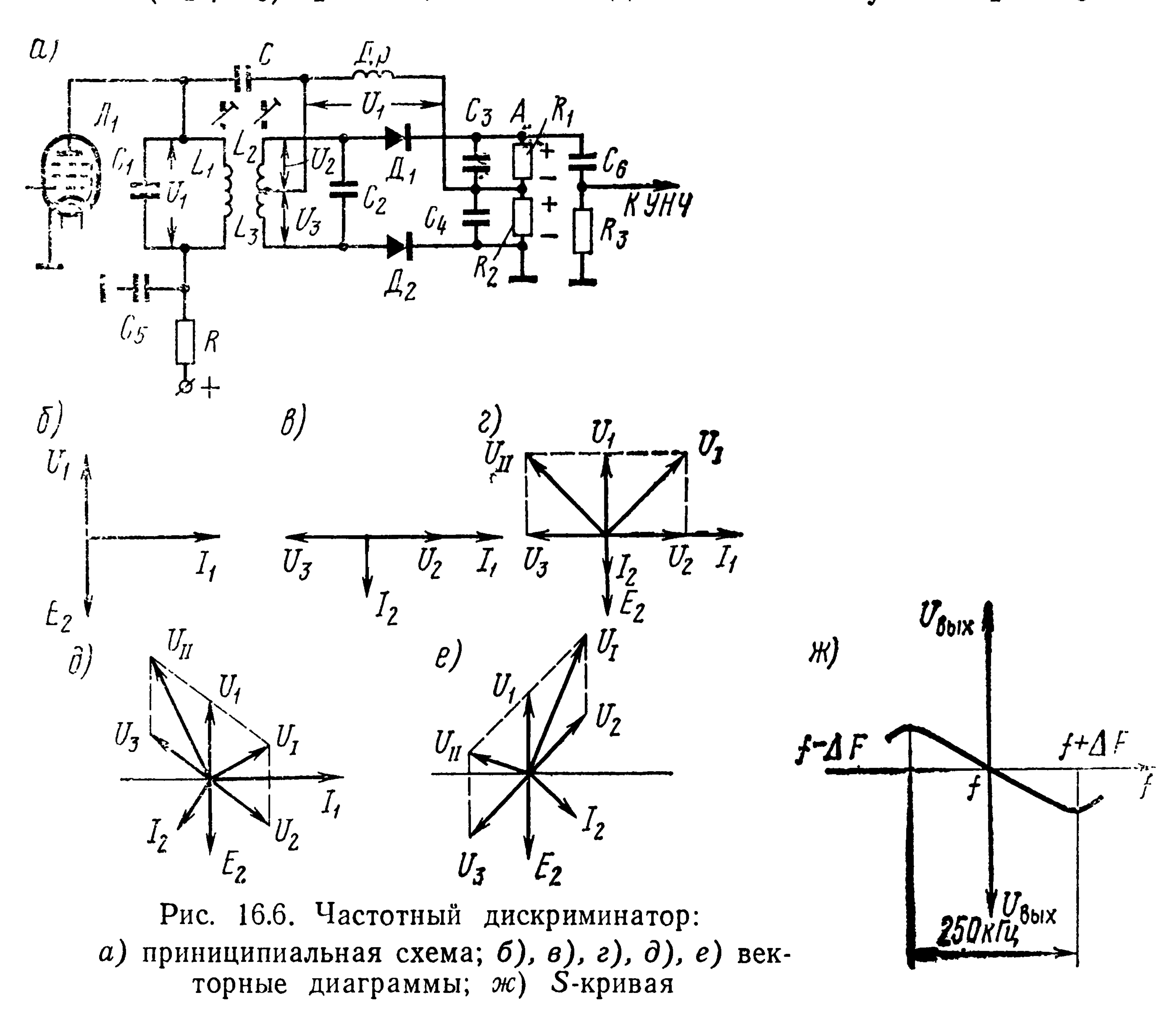


Рис. 16.6. Частотный дискриминатор:
а) приницsmall ципиальная схема; *б), в), г), д), е)* векторные диаграммы; *ж)* *S*-кривая

ключена через конденсатор *С* к анодному контуру. Настройка трансформатора на резонансную частоту 6,5 МГц осуществляется подстроечными сердечниками. На дросселе *Др*, который по высокой частоте подключен параллельно анодному контуру, так как сопротивление конденсаторов *С*, C_5 и C_4 мало, действует напряжение U_1, равное по величине и совпадающее по фазе с напряжением этого контура. На катушках L_2, L_3 образуются напряжения, равные по амплитуде, но сдвинутые по фазе на 180°, которые обозначены U_2 и U_3. Каждое из этих напряжений суммируется с напряжением U_1 на дросселе и подается на соответствующий диод.

На рис. 16.6 изображены также векторные диаграммы токов и напряжений, поясняющие работу дискриминатора. Напряжение U_1 на дросселе имеет ту же фазу, что и напряжение на катушке L_1. Ток I_1 в этой катушке отстает от напряжения U_1 на угол 90°, так

как катушка L_1 имеет маленькие активные потери и ее можно считать чистой индуктивностью. Магнитное поле, созданное током I_1, наводит в контуре $(L_2+L_3)C_2$ ЭДС взаимоиндукции E_2, которая вследствие соответствующего включения обмоток трансформатора противоположна по фазе напряжению U_1 (рис. 16.6*б*). Такие фазовые соотношения между напряжением U_1, током I_1 и ЭДС взаимоиндукции E_2 будут оставаться неизменными при любом значении частоты сигналов звукового сопровождения.

Под действием ЭДС E_2 во вторичной цепи протекает ток I_2, который создает на катушках L_2 и L_3 падения напряжения U_2 и U_3 соответственно. Этот ток отстает от напряжения U_2 на угол 90°, так как L_2 — чистая индуктивность, а напряжение U_3 равно по величине, но противоположно по фазе напряжению U_2 благодаря встречному включению катушке L_2 и L_3 (рис. 16.6*в*). Такие фазовые соотношения между током I_2 и напряжениями U_2 и U_3 тоже неизменны.

Таким образом, к диодам $Д_1$ и $Д_2$ действительно прикладывается сумма напряжений $U_I = U_1 + U_2$ и $\overline{U}_{II} = U_1 + U_3$. Эта сумма будет векторной, так как необходимо учитывать сдвиг фаз между складываемыми напряжениями (рис. 16.6*г*).

Векторная диаграмма рис. 16.6*г* соответствует случаю, когда оба контура настроены в резонанс на частоту 6,5 МГц и звук в это время не передается. Во время резонанса контур $(L_2+L_3)C_2$ носит чисто активный характер, поэтому ЭДС E_2 и вызванный ею ток I_2 совпадают по фазе. Напряжения U_I и U_{II} равны в этом случае по величине и вызывают в цепи каждого диода равные токи. В результате полной симметрии схемы ($R_1 = R_2$, $C_3 = C_4$ и параметры $Д_1$ равны параметрам $Д_2$) на нагрузочных резисторах получаются равные напряжения. Но так как напряжения противоположны по фазе (диоды включены встречно), то напряжение на выходе (между точкой А схемы и землей) равно нулю.

Во время передачи звука, частота поступающего на дискриминатор сигнала меняется, контур $(L_2+L_3)C_2$ становится расстроенным относительно частоты 6,5 МГц и его сопротивление приобретает реактивный характер, в результате чего ток I_2 уже не совпадает по фазе с ЭДС E_2.

Допустим, что частота входного сигнала возросла, тогда реактивное сопротивление катушек L_2+L_3 становится больше, чем реактивное сопротивление конденсатора C_2, так как $X_L = \omega L$, а $X_C = \frac{1}{\omega G}$. Следовательно, контур (L_2+L_3) C в целом будет носить индуктивный характер, а в этом случае ток I_2 будет отставать от ЭДС E_2 на угол, зависящий от величины расстройки (рис. 16.6*д*). Ток I_2, по-прежнему, вызовет на индуктивности L_2 напряжение U_2, опережающее этот ток на 90°, и напряжение U_3, равное по величине и противоположное по фазе напряжению U_2. Но векторные суммы $\overline{U}_I = U_1 + U_2$ и $U_{II} = U_1 + U_3$ будут теперь различными. Напряжение $U_{II} > U_I$, вследствие чего через диод $Д_2$ будет протекать

больший ток, чем через диод $Д_1$, и на нагрузочном резисторе R_2 будет большее падение напряжения, чем на резисторе R_1. Результирующее напряжение между точкой A и шасси схемы равно разности напряжений на R_1 и R_2, и поэтому в данном случае оно будет отрицательным.

Когда частота приходящего сигнала уменьшится, то в контуре $(L_2+L_3)C_2$ будет преобладать емкостное сопротивление, а поэтому ток будет опережать по фазе ЭДС E_2 (рис. 16.6*е*), но напряжения на индуктивностях L_2 и L_3 все равно сдвинуты на 90° относительно тока I_2. Векторная сумма напряжений, прикладываемых теперь к диодам, такова, что напряжение $\overline{U}_I > U_{II}$, поэтому ток первого диода больше тока второго диода и напряжение на резисторе R_1 больше напряжения на резисторе R_2. В результате между точкой A и шасси будет выделяться положительное напряжение.

Таким образом, при подведении к дискриминатору ЧМ сигнала к диодам прикладывается сигнал, изменяющийся по амплитуде, т. е. частотная модуляция превращается в амплитудную, а диоды производят детектирование амплитудномодулированного сигнала, в результате которого на выходе схемы будет получено напряжение звуковой частоты без постоянной составляющей.

При плавном изменении частоты на входе дискриминатора на его выходе получаются различные по величине и полярности напряжения. График зависимости этого напряжения от частоты называется частотной характеристикой дискриминатора или S-кривой (рис. 16,6*ж*).

При точной настройке контуров дискриминатора S-кривая имеет симметричную форму и проходит через нуль на резонансной частоте. Ее линейный участок должен иметь ширину не менее 250 кГц.

Дробный детектор (детектор отношений). Как было установлено выше, в схеме, где используется частотный дискриминатор, обязательно должен быть каскад амплитудного ограничения. Чтобы исключить ограничитель, применяют схему дробного детектора, которая, кроме частотного детектирования, осуществляет еще и ограничение амплитуды входного сигнала.

На рис. 16.7*а* показана принципиальная схема дробного детектора. От схемы дискриминатора она отличается последовательным включением диодов $Д_1$ и $Д_2$, наличием конденсатора C_6 большой емкости и выравнивающих резисторов R_1 и R_2.

Конструкция и принцип действия фазосдвигающего трансформатора такие же, как и в схеме дискриминатора. Работает дробный детектор так: фазосдвигающий трансформатор преобразует ЧМ сигнал в АМ сигнал, который затем детектируется диодами $Д_1$ и $Д_2$.

Постоянные составляющие продетектированного сигнала обоих диодов, проходя по цепи: катушка L_2, диод $Д_1$, резистор R_1, резисторы R_3 и R_4, резистор R_2, диод $Д_2$, катушка L_3, создают на резисторах R_3, R_4 падение напряжения, которое заряжает конденса-

тор C_6. Постоянная времени цепи $C_6R_3R_4$ велика, поэтому изменения высокочастотного сигнала по амплитуде (паразитная АМ модуляция), даже если они происходят с низкой частотой 50 Гц, соответствующей гасящему импульсу, не вызывают изменения величины напряжения на цепочке $R_3R_4C_6$, а это значит, что при любой амплитуде входного сигнала напряжение на $R_3R_4C_6$ остается постоянным. Это предохраняет попадание в канал звука гасящих и синхронизирующих кадровых импульсов, которые создают характерный фон и снижают качество звука.

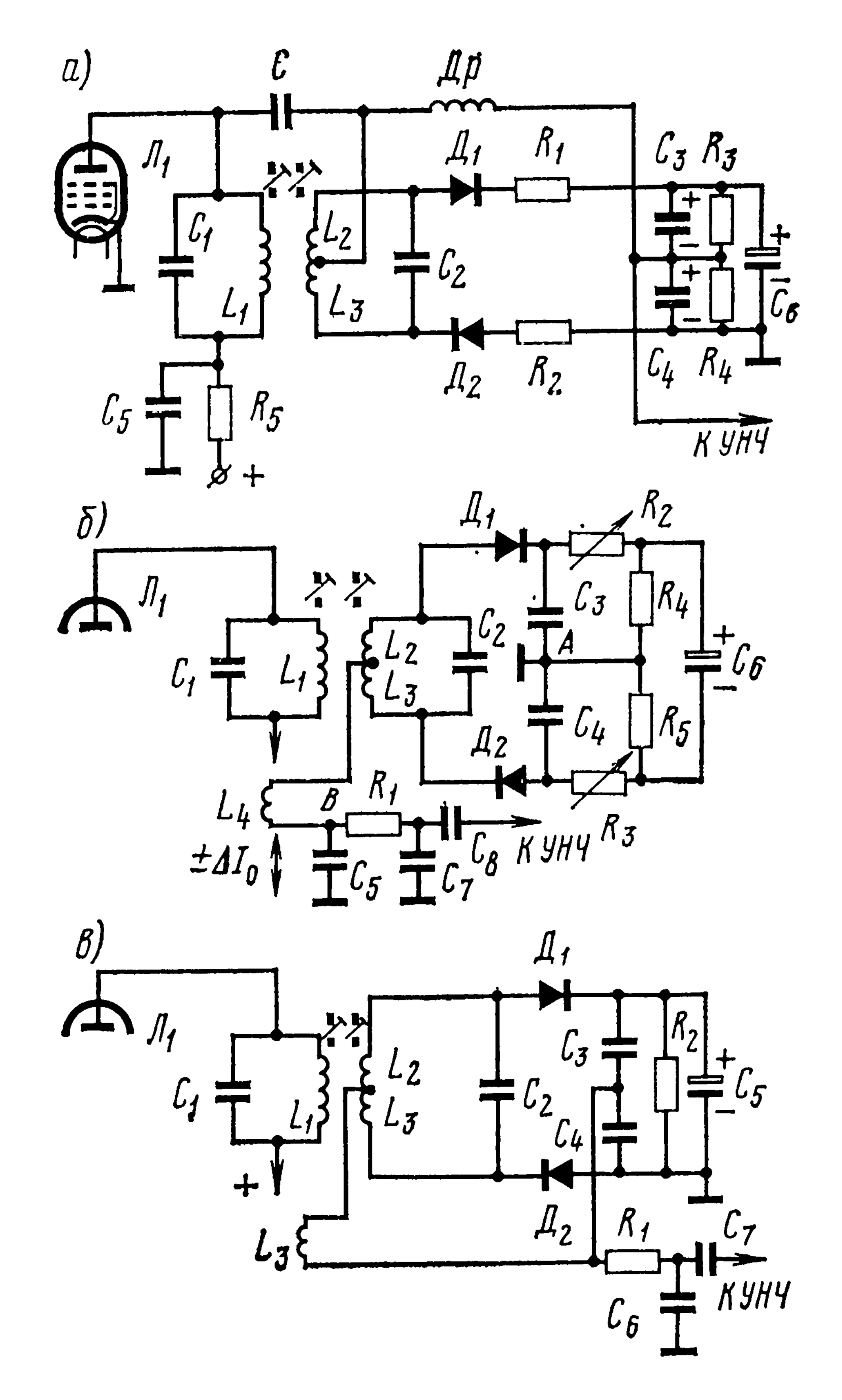


Рис. 16.7: Схемы дробных детекторов

Переменная составляющая продетектированного сигнала, протекая через конденсаторы C_3 и C_4, создает на них напряжения U_{C_3} и U_{C3} соответственно. Эти конденсаторы включены параллельно цепочке $R_3R_4C_6$, поэтому сумма напряжений них всегда равна напряжению на этой цепочке и остается постоянной при изменении амплитуды входного высокочастотного сигнала. Следовательно, выполняется условие: $U_{C_3} + U_{C_4} = U_{R_3R_4C_6} = \text{const}$.

Из сказанного следует, что в схеме дробного детектора нет необходимости в специальном каскаде ограничителя, так как ограничение сигнала происходит за счет включения инерционной цепочки с большой постоянной времени.

При изменении частоты входного сигнала точно так же, как и в схеме дискриминатора, к диодам $Д_1$, $Д_2$ будет приложена различная величина напряжения. Если частота входного сигнала будет равна разностной частоте 6,5 МГц, то к диодам будет приложено одинаковое напряжение и вследствие полной симметрии схемы на конденсаторах C_3 и C_4 будут созданы равные напряжения.

Если частота станет выше резонансной, то к диоду $Д_2$ будет приложено большее напряжение, чем к диоду $Д_1$; это вызовет больший ток через диод $Д_2$ и меньший через диод $Д_1$. В результате

на конденсаторе C_4 создается напряжение большее, чем на конденсаторе C_3.

Если же промежуточная частота звука станет ниже резонансной частоты, то, наоборот, к диоду $Д_2$ будет приложено меньшее напряжение, чем к диоду $Д_1$, и напряжение на конденсаторе C_4 будет меньше, чем на конденсаторе C_3. Однако при этом сумма напряжений $U_{C_3}+U_{C_4}$ остается неизменной и равной $U_{R_3 R_4 C_6}$, а при изменении частоты приходящего сигнала изменяется только соотношение между напряжениями U_{C_3} и U_{C_4}, т. е. дробь U_{C_3}/U_{C_4} откуда этот детектор и получил название дробного.

Напряжение на каждом из конденсаторов C_3 и C_4 пропорционально напряжению, приложенному к соответствующему диоду, а оно, в свою очередь, пропорционально частоте входного сигнала. Отсюда следует, что на конденсаторах C_3 и C_4 выделяется переменная составляющая напряжения звуковой частоты. Снимается это напряжение с одного из конденсаторов, обычно с C_4, так как один из его концов заземлен, что соответствует несимметричному входу УНЧ.

В ряде схем телевизоров получили распространение видеоизмененные дробные детекторы, схемы которых изображены на рис. 16.7*б, в*.

В схеме, изображенной на рис. 16.7*б*, трансформатор выполняется из трех катушек индуктивности: L_1, (L_2+L_3), L_4. На катушке L_4 благодаря индуктивной связи с катушкой L_1 образуется напряжение U_1, которое суммируется с напряжениями U_2 и U_3 на катушках L_2 и L_3 и подается на диоды. Катушка L_4, таким образом, заменяет дроссель, который включался как в схеме дискриминатора, так в схеме симметричного дробного детектора. Катушка L_4 имеет несколько витков и намотана непосредственно на катушке L_1, в результате чего связь получается максимальной. В этой схеме напряжение низкой частоты снимается с конденсатора C_5, включенного между точками A и B. Это напряжение представляет собой разность напряжений U_3 и U_4. Получается это так: при резонансе токи диодов равны и протекают по следующим цепям. Ток диода $Д_1$: L_2, $Д_1$, R_2, R_4, земля, C_5, L_4, L_2, а ток диода $Д_2$: L_3, L_4, C_5, земля, R_5, R_3, $Д_2$, L_3, т. е. через конденсатор C_5 токи текут в противоположных направлениях и выходное напряжение равно нулю.

Когда частота входного сигнала меняется, то токи не равны по величине и на конденсаторе C_5 появляется напряжение, созданное разностью токов I_1 и I_2. Отсюда следует, что при частотной модуляции входного сигнала разность токов, протекающих через конденсатор C_5, будет меняться по величине и направлению с частотой звуковых колебаний, т. е. на C_5 образуется напряжение звуковой частоты, которое через фильтр R_1C_7 и переходный конденсатор C_8 поступает на УНЧ. Резисторы R_2 и R_3 обеспечивают сим-

метрию параметров диодов. Назначение цепи $R_4R_5C_6$ и выбор постоянной времени τ этой цепи аналогичны предыдущей схеме.

В схеме детектора, изображенного на рис. 16.7*в*, нагрузка объединена в одном резисторе R_2, и схема является несимметричной.

Следует отметить, что важным достоинством дробного детектора является то, что он нормально работает и обеспечивает подавление паразитной АМ уже при напряжении 30—50 мВ на управляющей сетке лампы $Л_1$, в то время как для работы ограничителя на его вход необходимо подавать напряжение, равное порогу ограничения, т. е. 2—3 В. Практически это выражается в том, что в схеме канала звукового сопровождения на одну лампу будет меньше.

16.6. Усилители низкой частоты (УНЧ) звукового канала

В усилителях низкой частоты звукового канала обычно имеются один или несколько каскадов усиления напряжения и выходной трансформаторный каскад. В УНЧ обычно включаются органы регулировки громкости звука и тембра.

Имеется большое разнообразие схем УНЧ, одна из которых представлена на рис. 16.8. В этой схеме сигнал с частотного де-

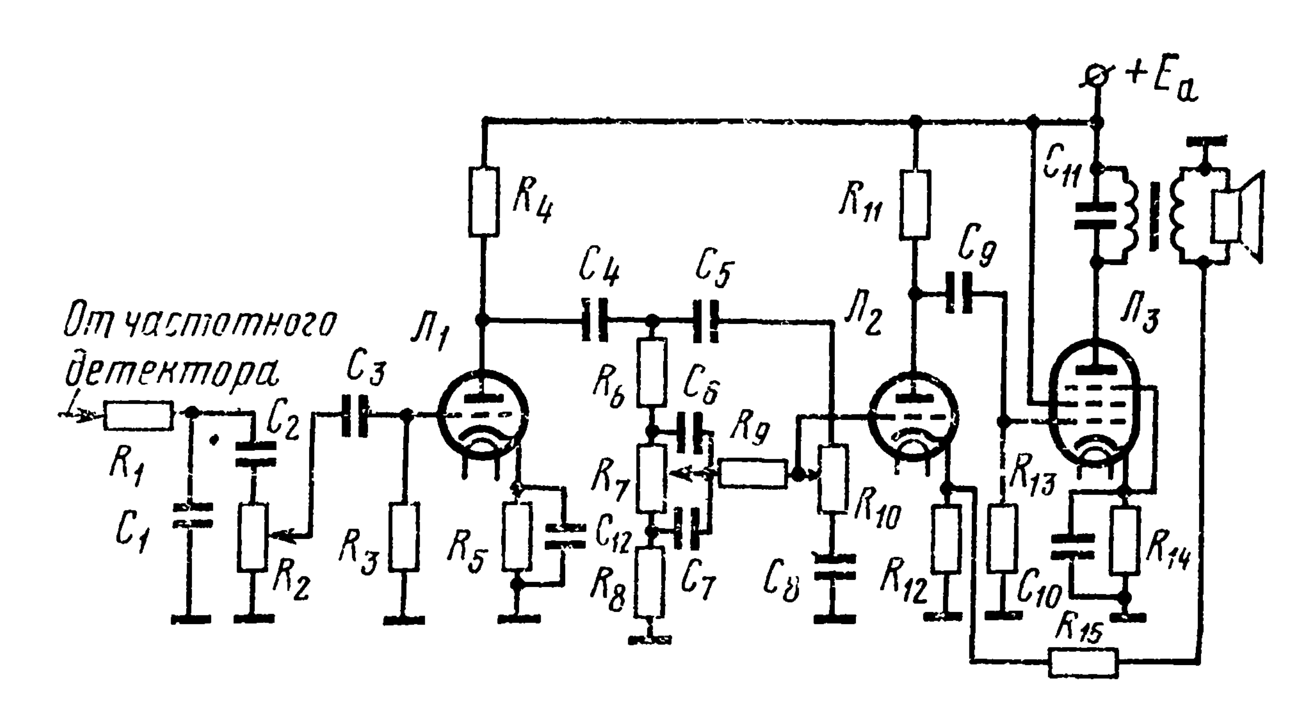


Рис. 16.8. Типовая схема УНЧ

тектора подается на резистивный усилитель ($Л_1$). Затем после переходного конденсатора большой емкости C_4 (порядка 0,1 мкФ) низкочастотный сигнал разветвляется по двум путям: для высших звуковых частот конденсатор C_5 (50 пФ) имеет маленькое сопротивление, поэтому они легко через него проходят на резистор R_{10} (порядка 1 МОм), который является регулятором тембра по высоким частотам (ВЧ). Для токов звуковых частот конденсатор C_5 имеет большое сопротивление, поэтому они в цепь регулировки тембра ВЧ не попадают. Низкие звуковые частоты после переходного конденсатора C_4 проходят в цепь $R_6R_7R_8$ (R_6 порядка 100 кОм, R_7 — 2 МОм, R_8 — 10 кОм). Для высоких звуковых частот, прошедших в эту цепь, сопротивление конденсаторов C_6 — 2000 пФ и C_7 — 0,025 пкФ во много раз меньше сопротивления резистора R_7, поэтому они на нем не выделяются.

Перемещая движок потенциометра R_7, изменяют величину напряжения низких звуковых частот, создавая подъем или завал последних. Точно так же перемещением движка потенциометра R_{16} можно регулировать усиление высоких звуковых частот.

Напряжение низких частот, снятое с потенциометра R_7, подается через разделительный резистор R_9 на вход следующего каскада. Конденсатор C_8, включенный последовательно с R_{10}, устраняет понижение уровня высоких звуковых частот на входе предоконечного каскада при выведенном R_{10}.

Полное напряжение на входе второго усилителя состоит из раздельно регулируемых высокочастотной и низкочастотной составляющих. На лампе $Л_2$ собран второй резистивный каскад УНЧ, охваченный отрицательной обратной связью, что уменьшает нелинейные искажения и улучшает качество звука. Обратная связь по току обеспечивается отсутствием конденсатора в катодной цепи каскада и, кроме того, напряжение со вторичной обмотки выходного трансформатора через делитель $R_{15}R_{12}$ подается также в катодную цепь предоконечного каскада.

Выходной каскад обычно собирается на низкочастотном пентоде, нагрузкой которого служит звуковая катушка громкоговорителя, подключенного через понижающий трансформатор.

Схемы УНЧ, выполненные на транзисторах, аналогичны схемам УНЧ транзисторных радиовещательных приемников, поэтому здесь не рассматриваются.

Контрольные вопросы

1. Почему в современных телевизорах используется метод приема звукового сопровождения с использованием биений между несущими частотами изображения и звука?
2. Почему полоса пропускания УПЧЗ имеет трехкратный запас?
3. Поясните работу УПЧЗ на транзисторах.
4. Поясните работу амплитудного ограничителя.
5. В чем заключается принцип частотного детектирования?
6. Чем отличается работа дробного детектора от дискриминатора?
7. В чем особенность схемы дробного детектора?
8. Объясните регулировку тембра в схеме рис. 16. 8.

Глава 17.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛИРОВКИ В ТЕЛЕВИЗОРАХ

17. 1. Общие сведения

Современный телевизор представляет собой сложный прибор с большим количеством органов управления. Эксплуатационные удобства требуют замены возможно большего количества ручных регулировок автоматическими или полуавтоматическими.

Кроме того, некоторые автоматические регулировки необходимы не только для создания бо́льших удобств для телезрителя, но и для повышения помехоустойчивости телевизора и улучшения его работы в зоне неуверенного приема.

В данной главе будут рассмотрены принципы работы схем автоматической регулировки усиления (АРУ), автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ), автоматической регулировки яркости (АРЯ) и автоматические устройства для одновременного появления изображения и звукового сопровождения.

Автоматические регулировки в развертках, к которым относятся схемы стабилизации размера и АПЧиФ изображения, были рассмотрены в гл. 9 и 10.

17. 2. Автоматическая регулировка усиления (АРУ)

Назначение схемы АРУ в телевизорах состоит в том, чтобы поддерживать неизменным его выходное напряжение при колебаниях напряжения на входе.

Изменение входного напряжения при приеме телевизионных сигналов может происходить по следующим причинам:

1. Изменение атмосферных условий распространения радиоволн, что приводит к произвольным изменениям напряженности поля сигнала изображения в месте приема.

2. Отдельные программы телецентра имеют разную мощность и передаются на различных расстояниях от телецентра.

3. Изменение напряженности из-за пролетающих в месте приема самолетов и работающих башенных кранов.

Напомним, что в радиоприемниках принцип действия схемы АРУ состоит в том, что коэффициент усиления устройства не остается постоянным, а меняется в зависимости от интенсивности принимаемого сигнала: так, при приеме сильного сигнала усиление уменьшается, а при приеме слабого — увеличивается. В результате уровень выходного сигнала остается примерно постоянным.

В радиовещательных приемниках в схеме АРУ используется диод и при детектировании модулированного высокочастотного сигнала на его нагрузке образуется выпрямленное напряжение, которое содержит постоянную составляющую. Величина этой постоянной составляющей пропорциональна амплитуде принимаемого сигнала, поэтому ее напряжение может быть использовано для АРУ приемника. Для этого оно подается в цепи управляющих сеток ламп, работающих в каскадах УВЧ и УПЧ. Такие схемы получили название схем простой АРУ, в отличие от АРУ с «задержкой», когда диод детектора АРУ заперт для слабых сигналов специальным напряжением «задержки», что позволяет максимально их усиливать и повышать тем самым чувствительность приемника в местах со слабой напряженностью поля.

Принцип работы АРУ в телевизионных приемниках такой же, как и в широковещательных приемниках, т. е. в схеме АРУ вырабатывается отрицательное регулирующее напряжение, величина

которого находится в прямой зависимости от величины входного сигнала. Но использовать тот же метод его получения нельзя, так как величина постоянной составляющей телевизионного сигнала меняется не только при изменении амплитуды высокочастотного напряжения, но также и при изменении средней яркости изображения, т. е. от содержания сюжета изображения. Кроме того, к схемам АРУ в телевизорах предъявляется еще ряд специфических требований, при удовлетворении которых обеспечивается их эффективность:

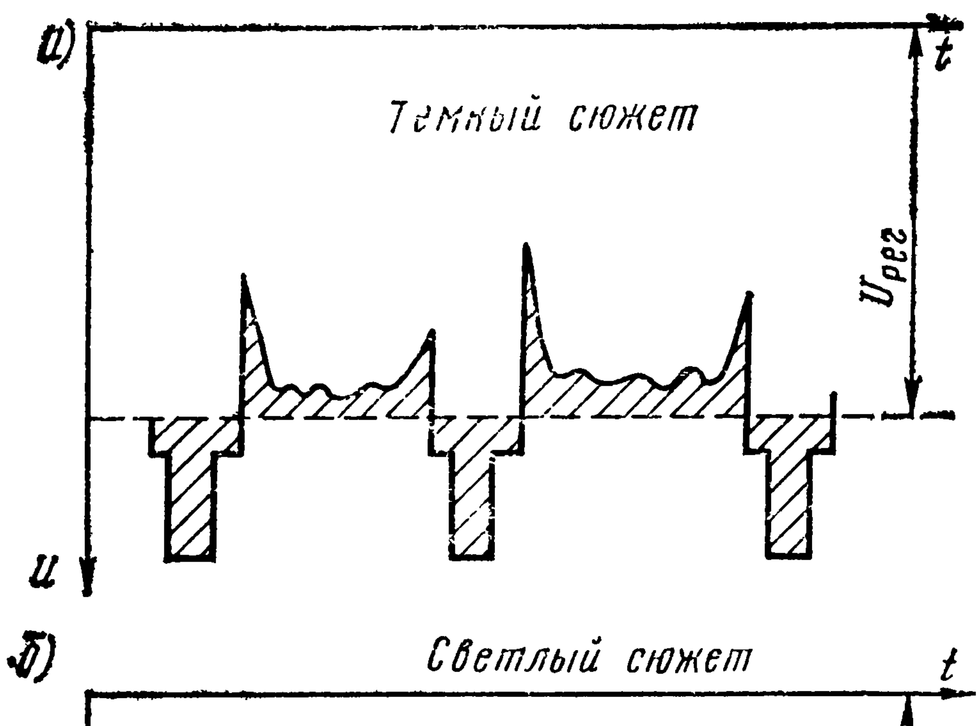
1. Схема АРУ должна обладать высокой степенью регулирования, т. е. обеспечивать достаточное постоянство сигнала на выходе приемника при значительных изменениях входного сигнала.

2. Схема АРУ должна быть быстродействующей, т. е. успевать «следить» за быстрыми изменениями входного сигнала.

3. Схема АРУ должна быть надежно защищена от воздействия импульсных помех, т. е. быть помехоустойчивой.

4. Схема АРУ должна обеспечивать независимость величины регулирующего напряжения от средней яркости передаваемого изображения.

Последнее требование поясняется рис. 17. 1, из которого видно, что при приеме сигналов изображения с темным сюжетом постоянная составляющая на нагрузке детектора имеет бо́льшее значение (рис. 17. 1*а*), чем при приеме сигналов изображения со светлым сюжетом (рис. 17. 1 *б*), несмотря на то, что уровень входного сигнала в обоих случаях одинаков. Использование этого напряжения для схемы АРУ может привести к неправильному воспроизведению средней яркости и к искажению контрастности изображения.



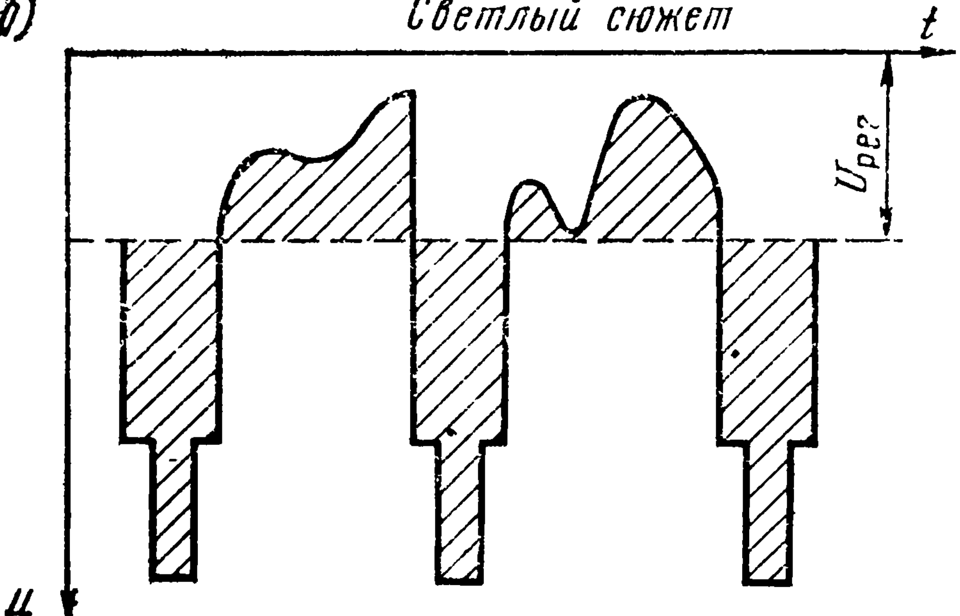


Рис. 17.1. Зависимость регулировки напряжения АРУ от сюжета изображения: *а*) темный сюжет; *б*) светлый сюжет

Действительно, при переходе сигнала от «белого» фона к «черному» произойдет дополнительное увеличение смещения на регулируемых лампах, что приведет к снижению контрастности изображения, а не к изменению фона.

Телезритель обычно лишен возможности сравнивать передаваемое изображение с принимаемым, и поэтому он может не заметить контрастных искажений, однако современные требова-

ния получения высококачественного изображения не позволяют допускать подобные искажения. В связи с этим для получения регулирующего напряжения, не зависящего от содержания изображения, в телевизорах применяются схемы АРУ, в которых величина регулирующего напряжения определяется только уровнем импульсов синхронизации, так как при негативной модуляции этот уровень поддерживается постоянным и не зависит от изменения средней яркости передаваемого изображения. Напомним, что синхроимпульсы в полном телевизионном сигнале располагаются между уровнем «черного» и уровнем «чернее черного».

В принимаемом сигнале только величина уровня синхроимпульсов характеризует напряженность поля (размах телевизионного сигнала), изменение которого не зависит от средней яркости передаваемого изображения; средняя яркость меняет уровень сигналов, расположенных между соседними гасящими импульсами, т. е. между соседними уровнями черного.

Такие схемы АРУ называются импульсными, так как при изменении входного сигнала регулирующее напряжение АРУ изменяется только во время прихода импульсов синхронизации или гасящих импульсов, оставаясь неизменным в интервале между ними.

В телевизионных приемниках применяются следующие схемы АРУ: схема АРУ с пиковым детектором; схема АРУ, работающая от амплитудного селектора; ключевые схемы АРУ. Работа всех этих схем основана на принципе пикового детектирования.

Схема АРУ с пиковым детектором. Принципиальная схема АРУ с пиковым детектором представлена на рис. 17.2*а*. В схеме диод $Д_2$ — детектор пикового действия; $Д_1$ — видеодетектор; C_1, R_2 — элементы нагрузки детектора АРУ; R_4C_5 — фильтр с большой постоянной времени; R_3R_5 — делитель, с которого напряжение «задержки» подается на катод диода; конденсатор C_4 — фильтр в цепи делителя.

Рассмотрим работу схемы. Напряжение промежуточной частоты с контура видеодетектора LC_2 подается на пик-детектор $Д_2$. Следует отметить, что напряжение на пиковый детектор можно подавать и с видеоусилителя, но при условии сохранения в нем постоянной составляющей сигнала, так как в противном случае уровень верхушек синхроимпульсов не постоянный и пиковый детектор будет вырабатывать напряжение, зависящее от содержания передаваемого изображения.

При слабом сигнале, амплитуда синхроимпульсов которого меньше напряжения «задержки», диод заперт и напряжение АРУ не вырабатывается. Диод откроется, как только амплитуда синхроимпульсов превысит напряжение задержки. Ток диода, протекая через резистор R_3, катушку контура L и конденсатор C_1 малой емкости, зарядит его (полярность указана на рисунке) до пикового значения, которое определяется разностью между амплитудой синхроимпульсов и напряжением задержки.

В интервалах между синхроимпульсами диод заперт и конденсатор C_1 незначительно разряжается через катушку L и резистор

R_2. Постоянная времени цепи разряда выбирается значительно большей постоянной времени цепи заряда, и поэтому конденсатор разряжается не более чем на 25% от своего максимального значения ($\tau_{разр}$ в пять раз больше периода строчной синхронизации).

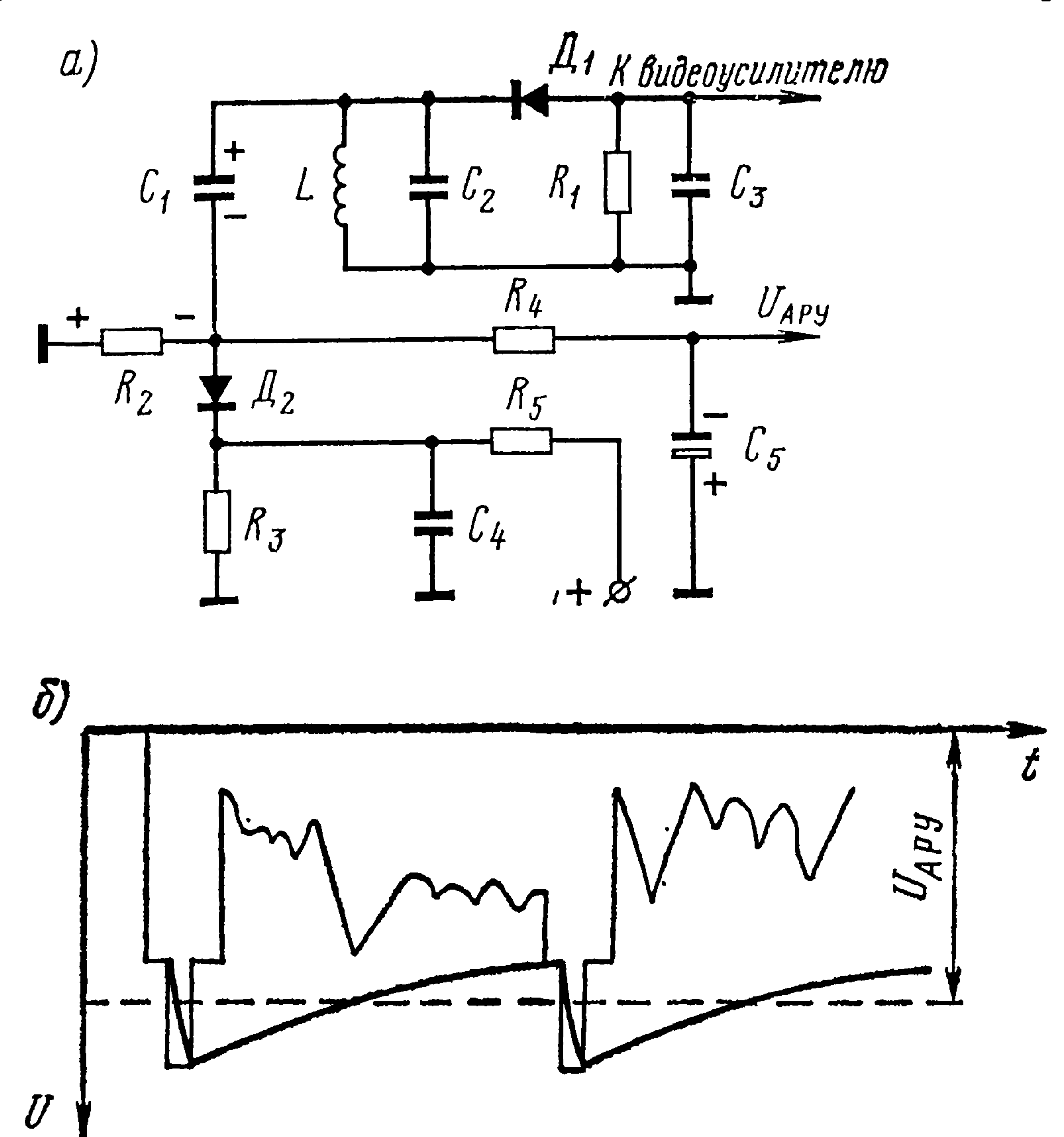


Рис. 17.2. АРУ с задержкой на пиковом детекторе:
а) принципиальная схема; *б*) график получения напряжения АРУ

Следующий синхроимпульс вновь подзарядит конденсатор до соответствующего значения (рис. 17.2*б*).

Напряжение с нагрузки диода сглаживается фильтром R_4C_5 и затем подводится к управляющим сеткам регулируемых ламп.

Фильтр R_4C_5 имеет большую постоянную времени (порядка 2—3 с), что объясняется следующим:

1. Импульсные помехи, прошедшие в канал изображения, проходят и в цепь пикового детектора, причем при негативной модуляции эти помехи часто превышают амплитуду синхроимпульсов, увеличивая напряжение АРУ и вызывая тем самым кратковременное снижение контрастности. Фильтр с большой постоянной времени инерционен, поэтому он не успеет изменить выходное напряжение АРУ при воздействии кратковременной помехи, что и обеспечивает помехоустойчивость схемы.

2. Полукадровые синхроимпульсы не искажаются, так как фильтр с большой постоянной времени не успевает изменить напряжение на выходе во время действия «врезок» строчной синхронизации.

Однако фильтр с большой постоянной времени делает систему АРУ инерционной и она не успевает следить за быстрыми изменениями входного сигнала, вызываемого, например, полетом самолета. В результате одно из основных требований, предъявляемых к схеме АРУ, не выполняется.

Кроме этого недостатка, схема АРУ с пиковым детектором не обеспечивает постоянства выходного напряжения при значительных изменениях входного.

Достоинством рассмотренной схемы является ее простота и независимость регулирующего напряжения от содержания изображения (средней яркости).

Схема АРУ, работающая от амплитудного селектора. Принцип действия этой схемы аналогичен принципу действия схемы с пикдетектором. Как было показано в § 10.2, при работе амплитудного селектора в его сеточной цепи происходит процесс пикового детектирования приложенного сигнала, в результате чего вырабатывается отрицательное напряжение, пропорциональное уровню синхроимпульсов. Это напряжение может быть использовано для автоматической регулировки усиления.

Принципиальная схема представлена на рис. 17.3. Схема работает следующим образом: видеосигнал, поступающий на сетку амплитудного селектора с видеоусилителя ($Л_1$) в положительной полярности, вызывает сеточный ток лампы $Л_2$ и заряжает конденсатор C_1 по цепи: сетка — катод лампы $Л_2$, источник питания, R_1, C_1, образуя на конденсаторе C_1 напряжение с полярностью, указанной на рис. 17.3.

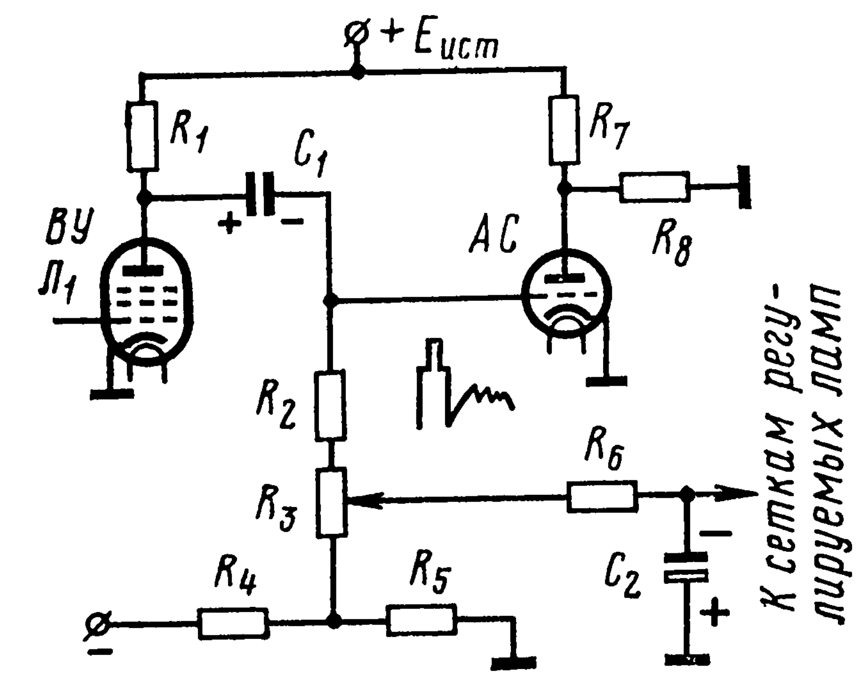


Рис. 17.3. Схема АРУ, работающая от амплитудного селектора

Незначительный разряд конденсатора во время отсутствия синхроимпульсов через внутреннее сопротивление лампы $Л_1$, источник питания, резисторы R_5, R_3, R_2 компенсируется дополнительным зарядом за счет сеточного тока во время действия синхроимпульсов. Таким образом на резисторах R_5, R_3, R_2 образуется отрицательное относительно шасси напряжение, которое с резисторов R_3, R_5 подается затем через фильтр R_6C_2 на управляющие сетки регулируемых ламп и является напряжением АРУ.

При увеличении амплитуды видеосигнала сеточный ток лампы возрастает, соответственно увеличивается отрицательное напряжение, подаваемое в цепи АРУ, и уменьшается усиление регулируемых каскадов.

Величину этого напряжения можно менять потенциометром R_3 и тем самым изменять контрастность изображения. Начальное смещение на сетки регулируемых ламп подается из общей цепи минуса через делитель R_4+R_5.

Существенным недостатком этой схемы является зависимость регулирующего напряжения не только от амплитуды входного сигнала, но и от средней яркости передаваемого изображения. Объясняется это тем, что видеосигнал, проходя через конденсатор C_1, теряет постоянную составляющую, а это значит, что уровень синхроимпульсов меняется в зависимости от средней яркости изображения.

В схемах, где используется АРУ с пиковым детектором, потери постоянной составляющей не происходит, потому что на пик-детектор подается АМ сигнал, после детектирования которого постоянная составляющая сохраняется.

В рассматриваемой схеме на участок сетка — катод кампы $Л_2$ подается видеосигнал без постоянной составляющей. Это приводит к тому, что величина отрицательного напряжения смещения АРУ зависит не только от уровня приходящего сигнала, но и от сюжета изображения, что вызывает ненужные контрастные искажения. Кроме этого, для исключения влияния импульсных помех и поддержания постоянства напряжения смещения во время прохождения полукадрового синхроимпульса фильтр R_6C_2 имеет достаточно большую постоянную времени, поэтому система инерционна и не успевает следить за быстрыми изменениями уровня входного сигнала. Это также является недостатком данной схемы АРУ.

Таким образом, рассмотрение двух схем АРУ приводит к выводу, что они не отвечают всем необходимым требованиям, а именно: они инерционны и недостаточно помехоустойчивы, так как постоянная времени фильтра выбирается средней величины, позволяющей защитить схему в какой-то степени от воздействия импульсных помех и в то же время следить за быстрыми изменениями входного сигнала.

Эти недостатки ограничивают применение данных схем в телевизорах, хотя схема АРУ, работающая от амплитудного селектора, экономичнее благодаря отсутствию специального каскада.

Значительно лучшие результаты дают ключевые схемы АРУ, которые сейчас повсеместно применяются.

Ключевые схемы АРУ. Структурная схема ключевой АРУ показана на рис. 17.4. В ней для получения напряжения АРУ имеется специальный каскад — «запертый усилитель», который большую

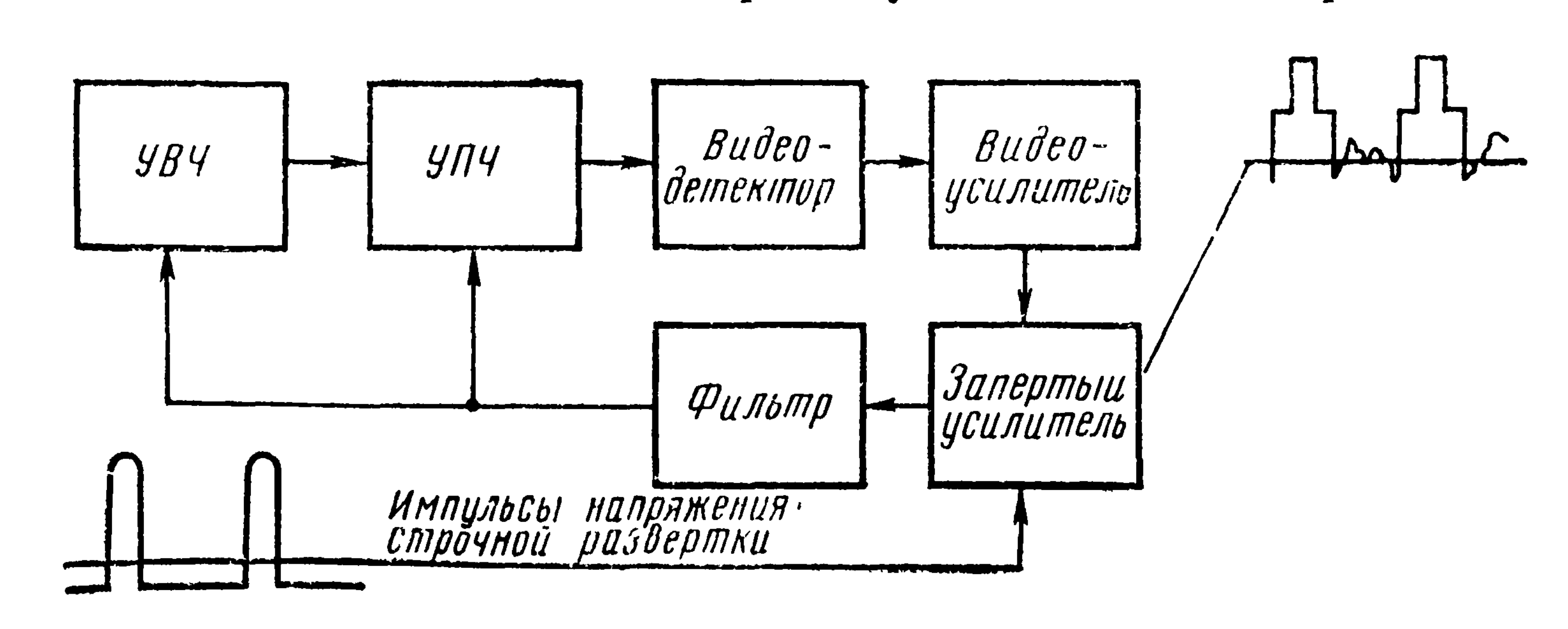


Рис. 17.4. Структурная схема АРУ

часть времени (прямой ход луча) закрыт и открывается только на малое время действия синхроимпульса, когда осуществляется обратный ход луча. К лампе этого усилителя одновременно подводятся два напряжения: на сетку или катод — напряжение видеосигнала, на анод — напряжение положительных импульсов обратного хода строчной развертки. Лампа открывается только в тот момент, когда напряжение между сеткой и катодом меньше запирающего напряжения, а на аноде действует положительный импульс, причем время действия этого импульса совпадает с временем прихода на сетку или катод лампы синхроимпульса. За время работы лампы в ее анодной цепи образуется отрицательное напряжение, которое и является регулирующим напряжением смещения в схеме АРУ. Все остальное время (прямой ход луча) лампа заперта, и поэтому бо́льшая часть помех, приходящихся на время прямого хода луча, не воздействует на работу схемы АРУ.

В схемах ключевой АРУ отрицательное регулирующее напряжение не зависит также от сюжета изображения, так как от схемы видеоусилителя до лампы АРУ нет переходных конденсаторов и, следовательно, нет потери постоянной составляющей сигнала.

На рис. 17.5 представлены различные схемы ключевой АРУ, собранные на лампах.

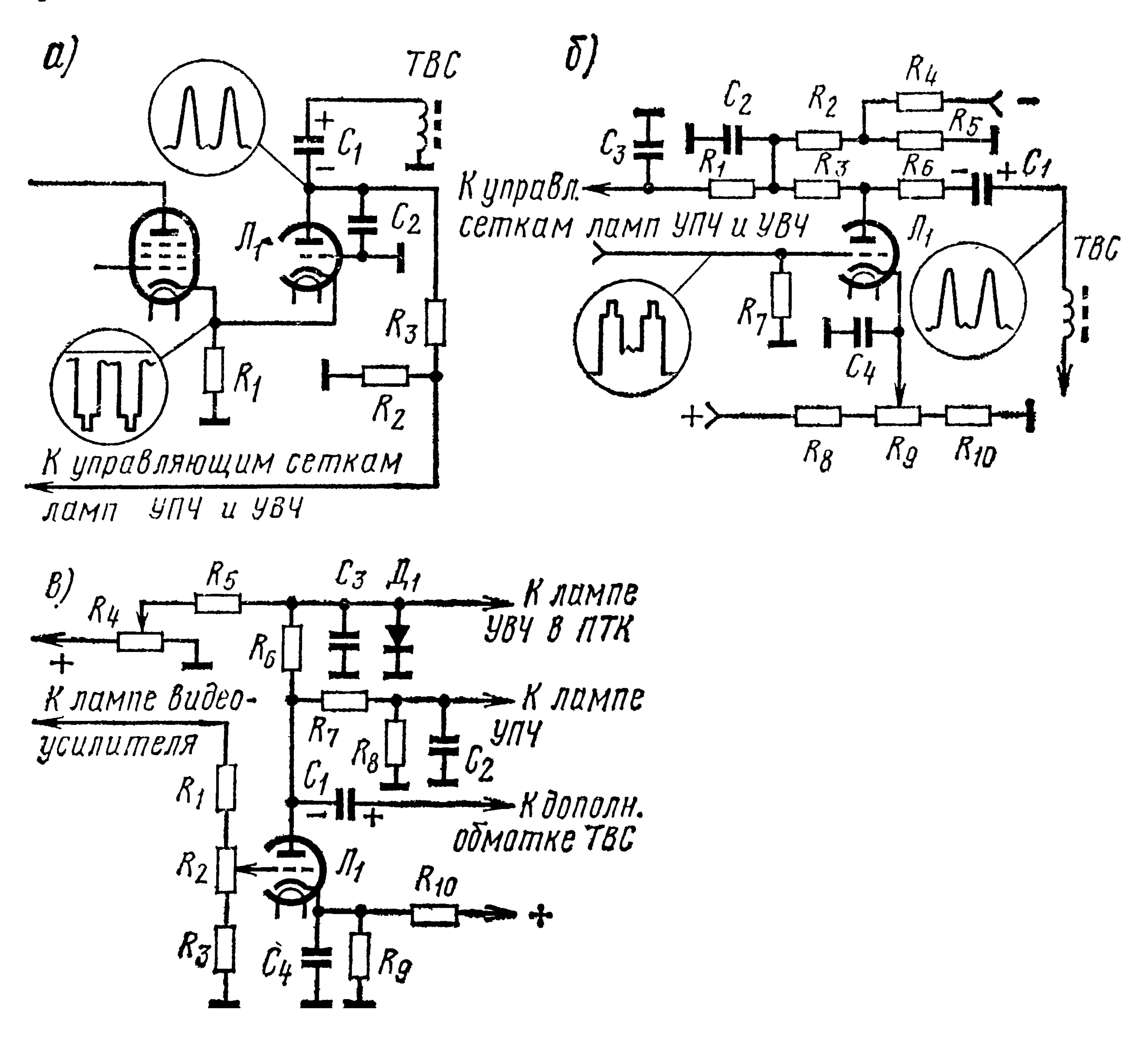


Рис. 17.5. Ключевые схемы АРУ

Радиолампа $Л_1$ во время прямого хода луча заперта по двум причинам:

1. На ее анод не подается постоянное положительное напряжение.

2. Разность потенциалов между сеткой и катодом равна запирающему напряжению.

Во время обратного хода луча лампа открывается тоже по двум причинам:

1. На ее анод от ТВС поступают положительные импульсы напряжения.

2. Именно в это время разность потенциалов цепи сетка — катод становится меньше напряжения запирания лампы (если изображение правильно засинхронизировано, то синхроимпульсы и импульсы строчной развертки придут одновременно).

Когда лампа откроется, то ее анодным током заряжается конденсатор C_1 через часть витков ТВС и на аноде лампы образуется отрицательное напряжение. Как только лампа закрывается (прекратится действие импульса на аноде), конденсатор C_1 начнет разряжаться через витки ТВС и резисторы R_2, R_3 (рис. 17.5*а*), образуя на них напряжение отрицательной полярности. Постоянная времени цепи заряда конденсатора C_1 ($\tau_{зар}=C_1$, R_i, R_1) значительно меньше постоянной времени цепи его разряда ($\tau_{разр}=C_1, R_2, R_3$), поэтому конденсатор быстро заряжается во время кратковременного действия импульсов строчной развертки и незначительно разряжается в интервале времени между ними.

Происходит процесс детектирования импульсов строчной развертки. Выпрямленное напряжение сглаживается фильтром R_3C_2 и подается для регулировки усиления управляемых каскадов. Постоянная времени сглаживающих фильтров в схемах АРУ выбирается с таким расчетом, чтобы сделать данную схему быстродействующей. Величина отрицательного напряжения на аноде лампы АРУ зависит от амплитуды приходящих синхроимпульсов и от выбора рабочей точки, определяющей величину анодного тока.

В схеме рис. 17.5*а* рабочая точка определяется постоянным положительным напряжением на катоде лампы $Л_1$ видеоусилителя, а в схемах рис. 17.5*б*, *в* — регуляторами контрастности R_9 и R_2 соответственно.

Схемы АРУ, которые показаны на рис. 17.5*а*, *б*, начинают работать при слабых сигналах, поэтому отношение напряжений сигнала к шуму на входе телевизора небольшое. Чтобы это отношение при слабых сигналах было бóльшим, каскад УВЧ телевизора должен давать максимальное усиление, т. е. на этот каскад напряжение АРУ должно подаваться только после того, как сигнал на входе телевизора достигнет определенного значения (АРУ с «задержкой»).

Схема АРУ с задержкой показана на рис. 17.5*в*. Задержка обеспечивается диодом $Д_1$, причем она действует только на каскад УВЧ. На анод диода $Д_1$ с выпрямителя через гасящий резистор R_5 подается небольшое положительное напряжение. Сюда же с анода

лампы АРУ через резистор R_6 подается отрицательное регулирующее напряжение. При слабых сигналах положительное напряжение больше отрицательного, поэтому диод $Д_1$ открыт и своим малым внутренним сопротивлением шунтирует цепь АРУ УВЧ, благодаря чему регулирующее напряжение в этот каскад не поступает.

Как только отрицательное напряжение АРУ станет больше положительного напряжения задержки, диод $Д_1$ закроется и регулирующее напряжение через фильтр R_6C_3 поступит на УВЧ. Напряжение задержки можно менять потенциометром R_4.

17.3. Схемы АРУ транзисторных телевизоров

В транзисторных схемах применяются два способа автоматической регулировки усиления: АРУ в обратном и в прямом направлениях.

В первом случае при увеличении сигнала схема АРУ вырабатывает напряжение, которое подзапирает регулируемый транзистор, и усиление падает. Например, для транзистора с проводимостью *p-n-p* с увеличением сигнала на его базу должно поступать бо́льшее положительное напряжение, в то время как в ламповой схеме в этом случае на сетку должно подаваться бо́льшее отрицательное напряжение, поэтому данная схема и получила название схемы АРУ в обратном направлении.

Второй способ заключается в том, что при увеличении приходящего сигнала на базу транзистора подается напряжение, которое его сильнее открывает. При этом увеличиваются эмиттерный и коллекторный токи, которые, протекая по резисторам, включенным в эти цепи, создают на них большие падения напряжения, уменьшая тем самым разность потенциалов между коллектором и эмиттером. И когда это напряжение станет достаточно малым, то усиление каскада начнет уменьшаться. Эта схема, в отличие от первой, называется схемой АРУ в прямом направлении. Оба способа подачи управляющего напряжения АРУ являются «режимными», так как при изменении усиления меняется режим регулируемого транзистора.

Основной недостаток такого способа регулировки заключается в том, что искажается форма частотной характеристики приемного тракта, поскольку параметры транзисторов зависят от величины тока эмиттера, который изменяется под действием напряжения АРУ.

Для устранения данного недостатка напряжение АРУ подают не непосредственно на регулируемый каскад, а на управляющий элемент, например, диод, который включают параллельно нагрузке усилителя. В зависимости от подведенного к диоду напряжения АРУ он в большей или меньшей степени шунтирует нагрузку регулируемого каскада и меняет его усиление.

По способу образования регулирующего напряжения в транзи-

сторных телевизорах могут использоваться те же схемы, что и в ламповых, т. е. пиковые детекторы или ключевые схемы.

Ключевые схемы АРУ содержат обычно ключевой каскад, детектор импульсов синхронизации и усилитель постоянного тока. Последний увеличивает эффективность действия схемы АРУ.

На рис. 17.6 представлена практическая схема АРУ на транзисторах. Схема собрана на двух транзисторах T_1 и T_2, в ней использованы диоды $Д_2$ и $Д_3$. Полный видеосигнал в отрицательной

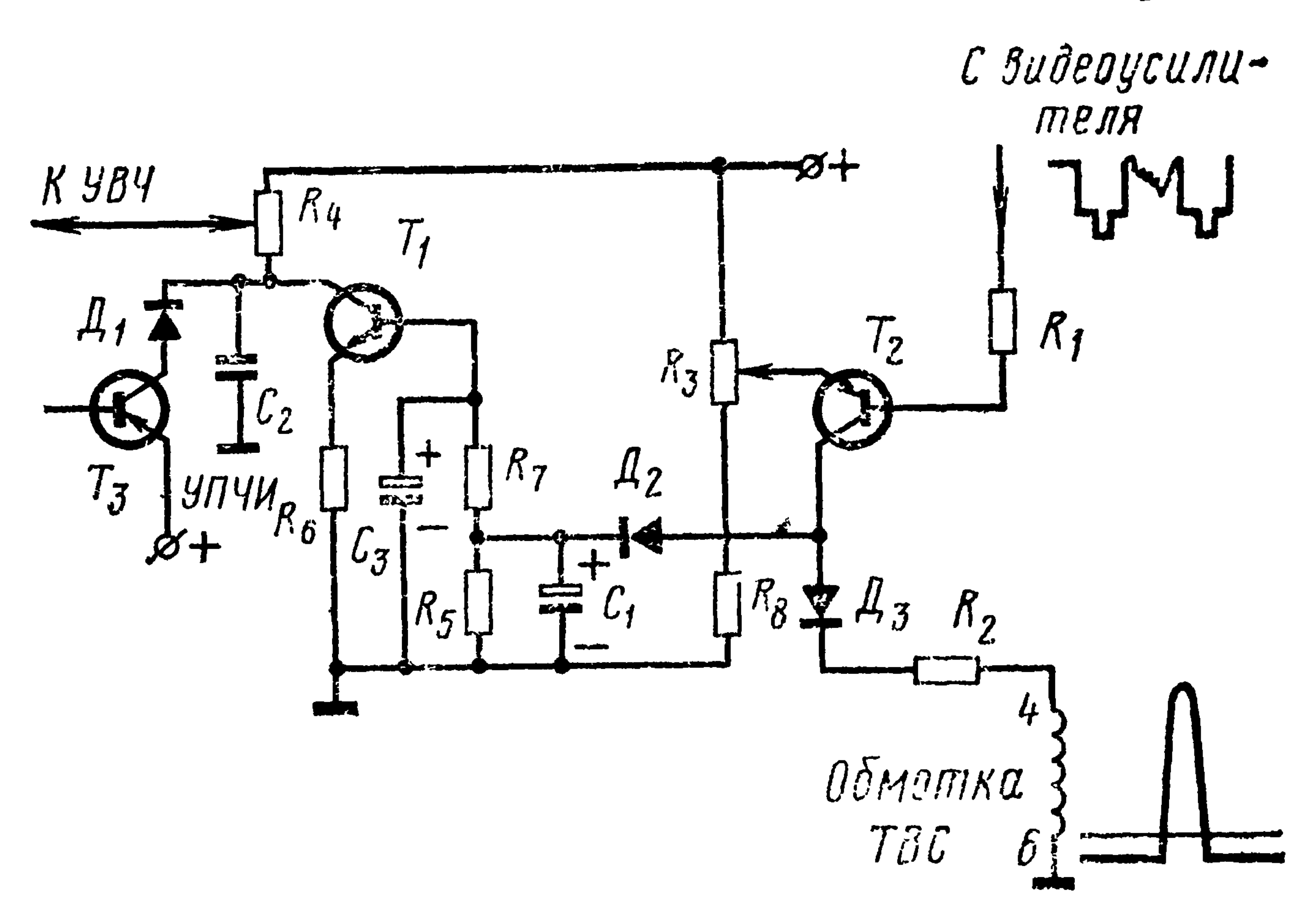


Рис. 17.6. Схема ключевой АРУ на транзисторах

полярности через резистор R_1 поступает с видеоусилителя на базу транзистора T_2. В коллектор этого транзистора включен диод $Д_3$, к которому с обмотки строчного трансформатора через резистор R_2 подводятся импульсы обратного хода. На эмиттер транзистора подается положительное напряжение, величина которого устанавливается резистором R_3 и тем самым обеспечивается необходимый уровень срабатывания схемы АРУ.

Транзистор T_2 является ключевым, а на транзисторе T_1 собран усилитель регулирующего напряжения. Вырабатываемое схемой АРУ напряжение поступает на высокочастотный блок и на диод $Д_1$, который управляет усилением каскада УПЧИ, собранного на транзисторе T_3.

Рассмотрим работу схемы. Во время прямого хода луча, когда отсутствует импульс обратного хода, диод $Д_3$ открыт и видеосигнал с коллектора T_2 шунтируется малым сопротивлением диода на землю. Регулирующее напряжение не вырабатывается, а постоянное положительное напряжение смещения подается с выхода схемы АРУ от источника (резистор R_4), при этом транзистор высокочастотного блока открыт, а диод $Д_1$ закрыт. При поступлении импульса обратного хода на диод $Д_3$ он запирается, видеосигнал с коллектора транзистора T_2 поступает на диодный детектор $Д_2$, нагрузкой которого являются резистор R_5 и конденсатор C_1. На

этой нагрузке и на базе транзистора T_1 (через резистор R_7) выделяется продетектированное напряжение синхроимпульсов. Если видеосигнал (синхроимпульс) возрастает, то возрастает и положительное напряжение на базе транзистора T_1, коллекторный ток возрастает, а напряжение на коллекторе уменьшается. Это приводит к отпиранию диода $Д_1$, и часть сигнала промежуточной частоты с коллектора транзистора T_3 (УПЧИ) зашунтируется через диод $Д_1$ и конденсатор C_2 на землю. Усиление упадет.

При уменьшении видеосигнала уменьшится напряжение на нагрузке R_5 детектора $Д_2$ и на базе транзистора T_1. Это приведет к уменьшению коллекторного тока транзистора T_1 и увеличению напряжения на коллекторе. При этом диод $Д_1$ запрется и не будет шунтировать каскад УПЧИ, в результате чего усиление возрастет. Таким образом, величина напряжения на диоде $Д_1$ зависит от величины напряжения на коллекторе T_1, которое, в свою очередь, зависит от уровня входного сигнала. При этом диод $Д_1$ открыт в большей или меньшей степени и соответственно шунтирует часть сигнала УПЧИ. С резистора R_4 регулирующее напряжение подается также на УВЧ. При уменьшении величины этого напряжения транзистор каскада УВЧ подзапирается и его усиление уменьшается. На каскады УВЧ напряжение АРУ начинает действовать только при больших сигналах. Уровень срабатывания АРУ устанавливается потенциометром R_4.

17.4. Автоматическая подстройка частоты гетеродина (АПЧГ)

Как было показано в § 6.5, правильная настройка гетеродина и высокая стабильность его работы обеспечивают не только высокое качество звука, но и наилучшую четкость изображения.

Несмотря на принятие ряда мер, уход частоты гетеродина все-таки имеет место, и в телевизорах с большим экраном становится заметным ухудшение четкости принимаемого изображения.

Устранять колебания частоты гетеродина вручную невозможно, поэтому в последних моделях телевизоров с большим экраном применяется автоматическая подстройка частоты гетеродина (АПЧГ), что не только обеспечивает автоматическое получение наилучшей четкости и поддержание ее такой в течение всего времени приема передачи, но и повышает эксплуатационные удобства для телезрителя.

На рис. 17.7*а* представлена структурная схема АПЧГ. Она состоит из фазового дискриминатора, следящего за уходом частоты гетеродина, и управляющего элемента, связанного с контуром гетеродина. Фазовый дискриминатор соединен с выходом УПЧИ, поэтому, когда частота гетеродина $f_г$ равна номинальному значению, то и $f_{пр}$ тоже номинальна, так как $f_{пр}=f_г-f$ — несущая, а $f_{нес}$ — высокостабильная. В этом случае фазовый дискриминатор не вырабатывает напряжения, а связанный с ним управляющий элемент не воздействует на контур гетеродина. При отклонении частоты гетеродина от номинальной на $\pm\Delta f$ изменится и промежуточная

частота на $\pm\Delta f$. На выходе фазового дискриминатора появится управляющее напряжение $U_у \pm \Delta U$, знак и величина которого определяются расстройкой гетеродина. Это напряжение воздействует на управляющий элемент и вызывает соответствующее изменение частоты гетеродина.

Роль управляющего элемента в этой схеме выполняет специальный полупроводниковый плоскостной диод — варикап. В вари-

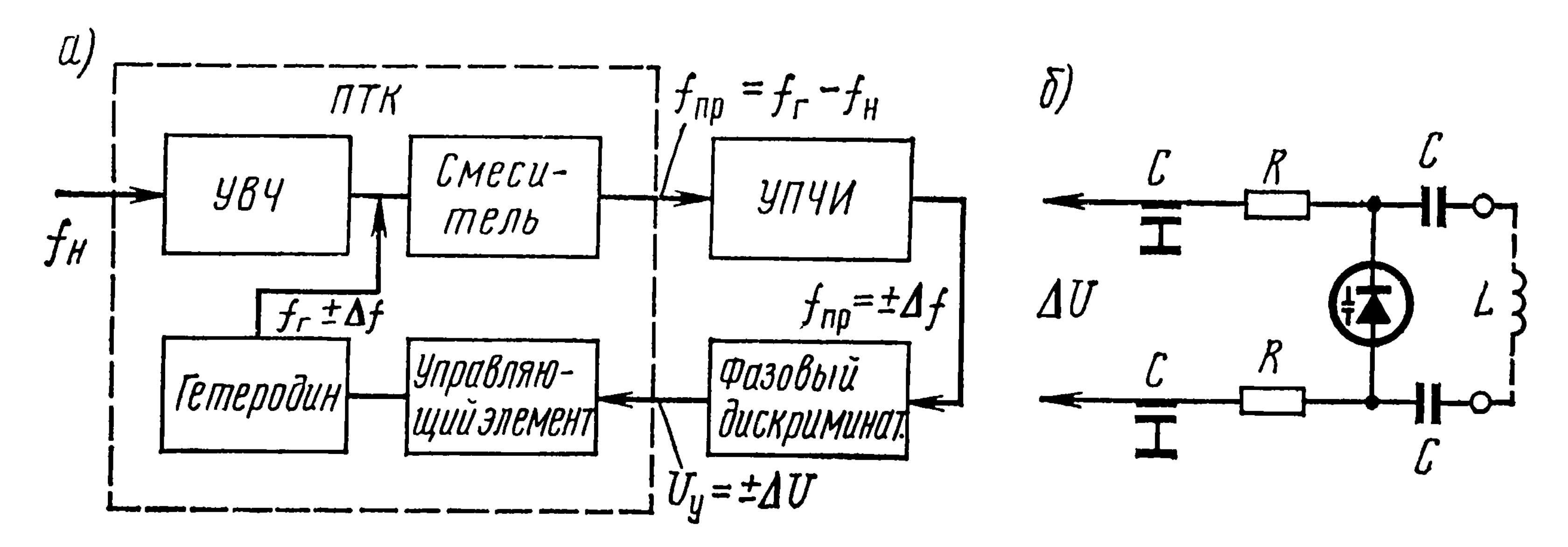


Рис. 17.7. Структурная схема АПЧГ

капе, как и в любом другом полупроводниковом диоде, имеется *p-n*-переход, область соприкосновения полупроводников с различной проводимостью, который обладает определенной емкостью.

При воздействии на диод внешнего напряжения емкость *p-n*-перехода будет изменяться, и если такой диод включен в контур гетеродина, то всякое изменение емкости диода вызовет изменение частоты гетеродина (рис. 17.7*б*).

Принципиальная схема АПЧГ представлена на рис. 17.8*а*. Каскад АПЧГ выполнен на лампе $Л_1$ и работает одновременно как

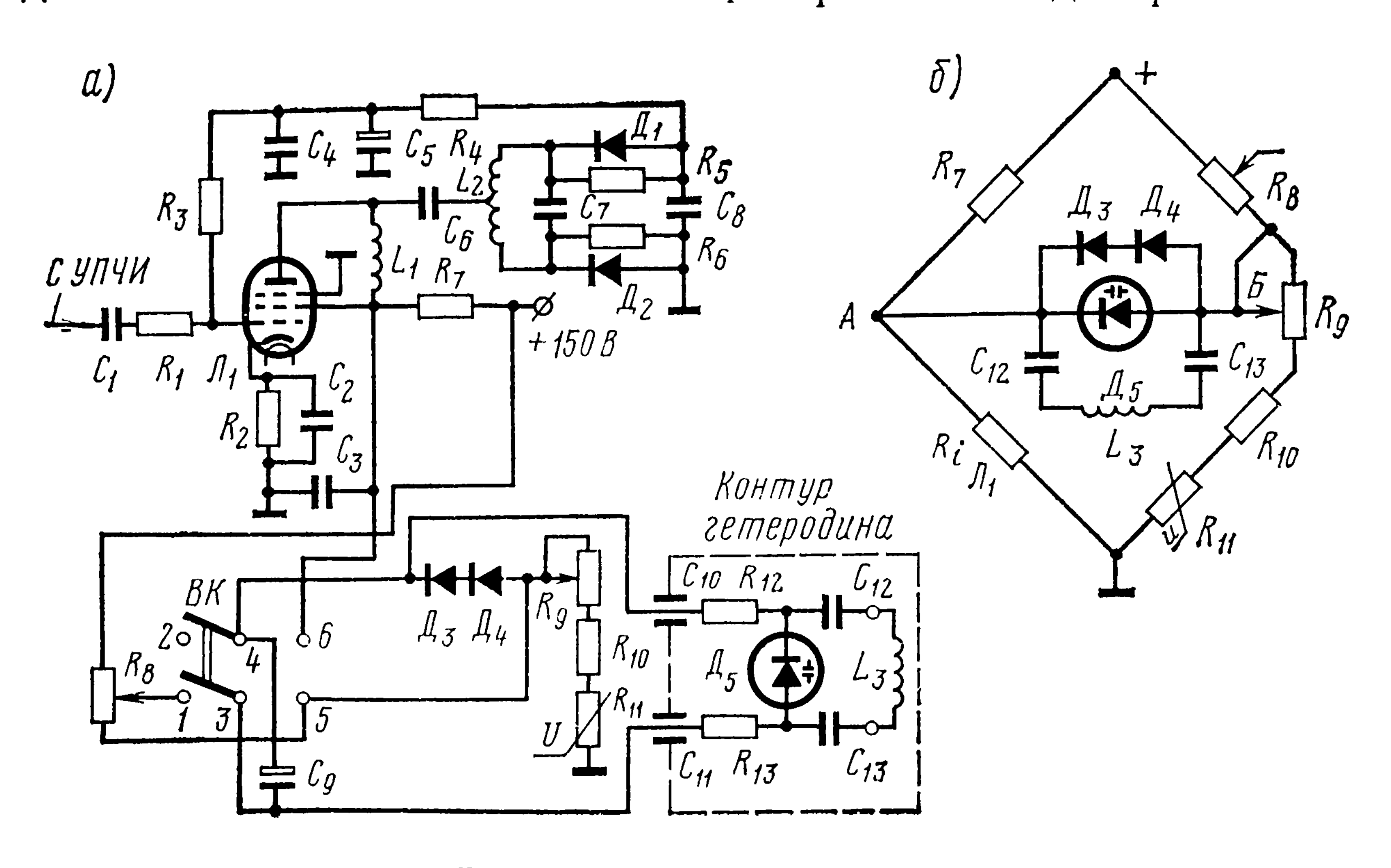


Рис. 17.8. Система АПЧГ:
а) принципиальная схема; *б*) мостовая схема

УПЧИ на пентодной части лампы (в этом случае его нагрузкой является фазосдвигающий трансформатор) и как усилитель постоянного тока на триодной части лампы, так как по низким частотам анод и экранирующая сетка лампы соединены через незначительное активное сопротивление индуктивности анодного контура L_1. Нагрузкой триода является резистор R_7.

На управляющую сетку лампы $Л_1$ через конденсатор C_1 и резистор R_1 подается напряжение промежуточной частоты изображения, снимаемое с последнего каскада УПЧИ. Усиленное лампой, оно поступает через фазосдвигающий трансформатор к диодам дискриминатора. Контур в первичной обмотке дискриминатора образован индуктивностью обмотки L_1, распределенной емкостью монтажа и емкостью лампы, а во вторичной — индуктивностью L_2 и емкостью конденсатора C_7. Оба контура трансформатора настроены на промежуточную частоту изображения. Выход дискриминатора связан со входом лампы усилителя постоянного тока.

Если гетеродин настроен правильно и вырабатывает номинальную частоту, то промежуточная частота тоже соответствует номинальной — на выходе дискриминатора напряжение равно нулю.

Нулевое напряжение не вызовет изменения режима работы лампы, поэтому напряжение на ее аноде и экранирующей сетке не изменится. При этом управляющий элемент — варикап — сохранит свою емкость и настройка гетеродина останется неизменной.

При уходе частоты гетеродина промежуточная частота изображения отклоняется от номинального значения, а, как известно из описания работы схемы фазового дискриминатора, в этом случае на его выходе образуется напряжение, величина и знак которого определяются отклонением частоты гетеродина. Это напряжение поступает на вход лампы через развязывающие фильтры $R_4C_5C_4R_3$, которые исключают прохождение с выхода дискриминатора напряжения промежуточной частоты вторично на вход лампы, что может привести к самовозбуждению каскада. Поступив на управляющую сетку лампы, напряжение вызовет изменение ее анодного тока, что, в свою очередь, изменит напряжение на аноде и экранирующей сетке. Это изменение напряжения должно воздействовать на варикап с тем, чтобы он соответствующим образом изменил свою емкость и вернул частоту гетеродина к номинальной.

Для этого варикап $Д_5$ подключается между экранирующей сеткой лампы АПЧГ и потенциометром R_9, с помощью которого на варикапе устанавливается начальная величина напряжения. Это напряжение приложено к аноду варикапа и его величина после выбора режима остается неизменной, так как оно стабилизировано включением потенциометра R_9 в цепи реостатного делителя $R_8R_9R_{10}$, варистора R_{11}. Катод варикапа соединен с экранирующей сеткой лампы АПЧГ и в результате изменения напряжения на ней меняется напряжение и на варикапе, а следовательно, меняется его емкость. Так как эта емкость входит в состав контура гетеродина, то его частота при уходе автоматически возвращается к номинальной.

Действие схемы АПЧГ можно пояснить следующим образом. Лампа $Л_1$ включена в одно из плеч моста, образованного резисторами R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11} и внутренним сопротивлением R_i лампы $Л_1$ (рис. 17.8*б*).

К одной диагонали моста подводится постоянное напряжение, а со второй — снимается управляющее напряжение на варикап.

Если частота гетеродина не изменилась, то разность потенциалов в диагонали моста *АБ* не изменится, что обеспечит получение номинальной частоты гетеродина. Если в процессе работы частота гетеродина изменится, то изменится и промежуточная частота, фазовый дискриминатор выработает управляющее напряжение, которое изменит внутреннее сопротивление R_i лампы $Л_1$, баланс моста нарушится, в результате чего изменится разность потенциалов в диагонали моста *АБ*. Это приведет к тому, что варикап изменит свою емкость и частота гетеродина вернется к нормальной.

Параллельно варикапу подключены полупроводниковые стабилитроны $Д_3$ и $Д_4$, которые защищают варикап от пробоя, так как при подаче на него запирающего напряжения выше предельного он может пробиться. Когда запирающее напряжение не превышает рабочего, то внутреннее сопротивление стабилитронов велико и они не влияют на работу схемы. Когда запирающее напряжение превысит предельно допустимое, то внутреннее сопротивление стабилитронов резко упадет и они зашунтируют варикап, предохраняя его от пробоя.

Электролитический конденсатор C_9 сглаживает пульсации управляющего напряжения.

Соединение схемы АПЧГ с блоком ПТК выполнено через проходные конденсаторы C_{10}, C_{11}, которые совместно с резисторами R_{12}, R_{13} образуют развязывающие фильтры, препятствующие проникновению напряжения гетеродина в цепи питания телевизора.

В телевизорах, где применяется схема АПЧГ, предусмотрена возможность и ручной регулировки частоты гетеродина. Для этого имеется переключатель *Вк*. Ручная регулировка может применяться в тех случаях, когда прием ведется в условиях сильной помехи или когда неисправна система АПЧГ.

Ручная регулировка осуществляется потенциометром R_8 (рис. 17.7*а*), на который поступает постоянное положительное напряжение от низковольтного выпрямителя. При регулировке потенциометра R_8 меняется величина запирающего напряжения, приложенного к варикапу, а следовательно, и частота колебаний гетеродина.

17.5. Автоматическая регулировка яркости (АРЯ)

При черно-белом изображении его качество во многом зависит от точного воспроизведения яркостей различных оттенков — от самых светлых до самых темных.

Как было показано в гл. 11, на испытательной таблице должны отчетливо просматриваться 6—8 градаций яркости, что дости-

гается одновременным изменением регулировок яркости и контрастности. Объясняется это тем, что при слабой контрастности у телезрителя возникает потребность уменьшить яркость изображения, при сильной контрастности — увеличить.

Изменение контрастности — это изменение уровня видеосигнала, который может меняться не только при изменении положения регулятора контрастности, но и в результате потери постоянной составляющей сигнала. В любом случае телезрителю при изменении контрастности необходимо вручную изменять яркость изображения, что неудобно. Этот процесс должен осуществляться в телевизоре автоматически.

Система, с помощью которой соотношение яркостей различных мест изображения остается неизменным при любом положении регулятора контрастности и при изменении уровня видеосигнала, называется системой автоматической регулировки яркости (АРЯ).

Для пояснения принципа работы системы обратимся к рис. 17.9, на котором показана зависимость тока луча кинескопа от напряжения на модуляторе. Точка характеристики, где ток лу-

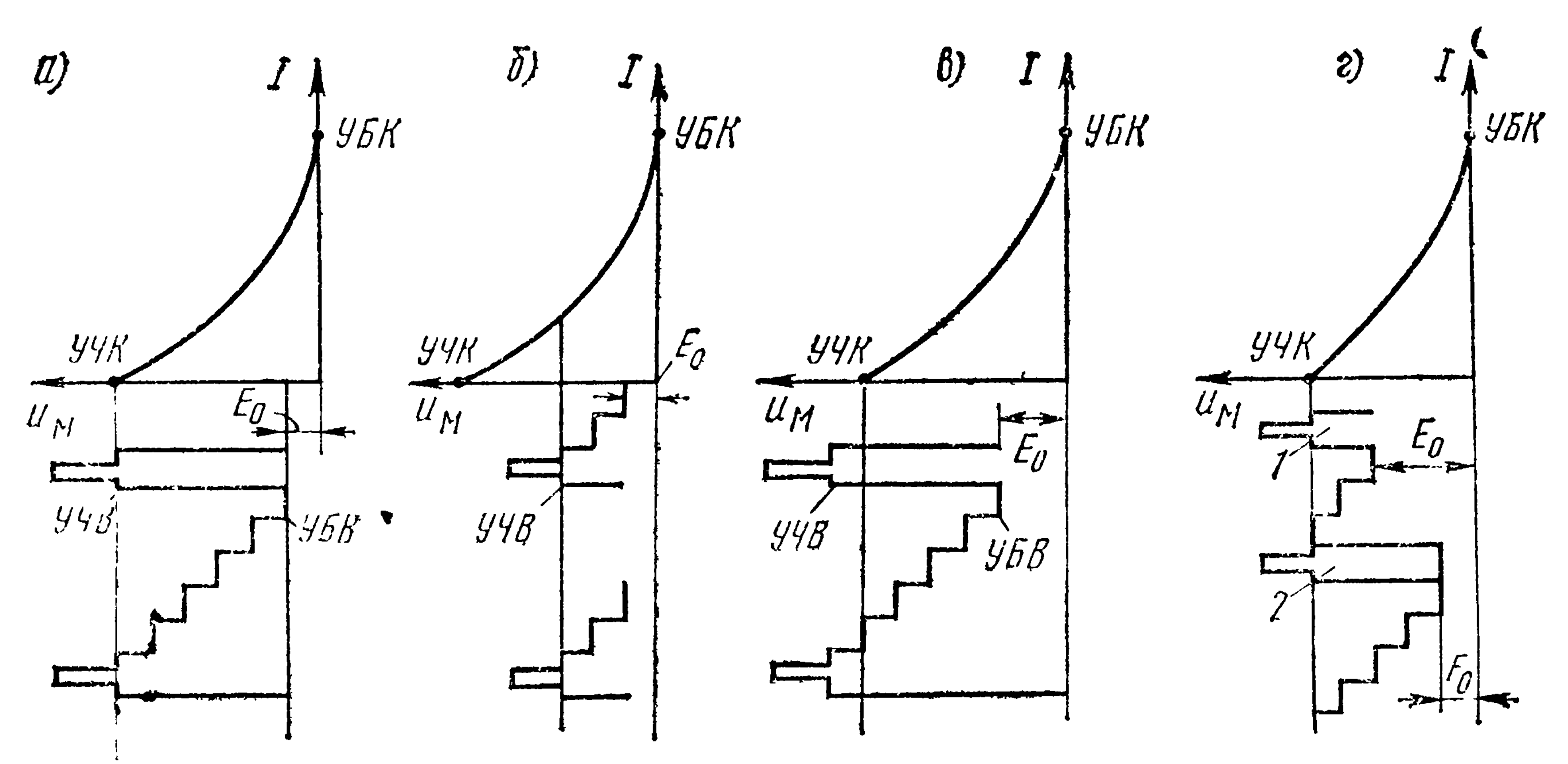


Рис. 17.9. Условия правильного воспроизведения уровня черного на экране кинескопа

ча соответствует нулевому уровню, обозначена как УЧК — «уровень черного кинескопа». В это время кинескоп практически заперт. Точка, где ток луча соответствует максимальному уровню, обозначена как УБК — «уровень белого кинескопа». Такой ток обеспечит воспроизведение на экране самых светлых мест изображения.

На видеосигнале также имеется два уровня: УЧВ — «уровень черного видеосигнала» и УБВ — «уровень белого видеосигнала». Уровень черного видеосигнала — это напряжение, соответствующее черным деталям изображения (на этом же уровне передаются гасящие импульсы, которые запирают кинескоп во время обратного хода луча). Уровень белого видеосигнала — это то переменное

напряжение на модуляторе, при котором ток луча кинескопа максимален.

Наилучшее качество изображения, т. е. наибольшее количество оттенков, наблюдается в том случае, когда уровень черного кинескопа совпадет с уровнем черного видеосигнала, так как только в этом случае кинескоп будет заперт при передаче самых темных мест изображения, а все остальные оттенки будут также воспроизводиться правильно (рис. 17.9*а*).

При уменьшении контрастности (рис. 17.9*б*) уровень черного видеосигнала станет ниже и кинескоп не будет заперт даже этим уровнем, а это значит, что черные места изображения воспроизведутся как серые, а серые как белые, в результате чего количество оттенков яркости уменьшится.

Увеличение контрастности (рис. 17.9*в*) приводит к тому, что кинескоп запрется уже не уровнем черного, а уровнем серого, что тоже приведет к уменьшению числа оттенков.

На рис. 17.9*г* показано, что если при изменении уровня сигнала соответствующим образом будет меняться разность потенциалов между катодом и управляющим электродом кинескопа, то в этом случае будет правильно воспроизводиться вся шкала яркостей от черного до белого.

Действительно, при уменьшении контрастности (рис. 17.9*г*, сигнал *1*) разность потенциалов E_0 должна увеличиться, тогда уровни УЧК и УЧВ совпадут и, наоборот, при увеличении контрастности (рис. 17.9*г*, сигнал *2*) E_0 должна уменьшиться.

В основу работы схем АРЯ и положен принцип изменения разности потенциалов между катодом и управляющим электродом кинескопа в соответствии с изменением уровня видеосигнала.

Ниже будут рассмотрены некоторые схемы АРЯ, которые используются в телевизорах.

Простейшая схема АРЯ показана на рис. 17.10. Рассмотрим ее работу. Потенциометр R_4 — регулятор контрастности — включен в катод лампы $Л_1$, которая выполняет роль видеоусилителя. Регулировка контрастности осуществляется изменением глубины отрицательной обратной связи по току. Напряжение отрицательной обратной связи снимается с катодного резистора R_4 и подается на сетку лампы в противофазе с напряжением сигнала, поступающим от видеодетектора. Величина напряжения отрицательной обратной связи изменяет величину результирующего напряжения видеосигнала на сетке видеоусилителя, а следовательно, изменяется контрастность изобра-

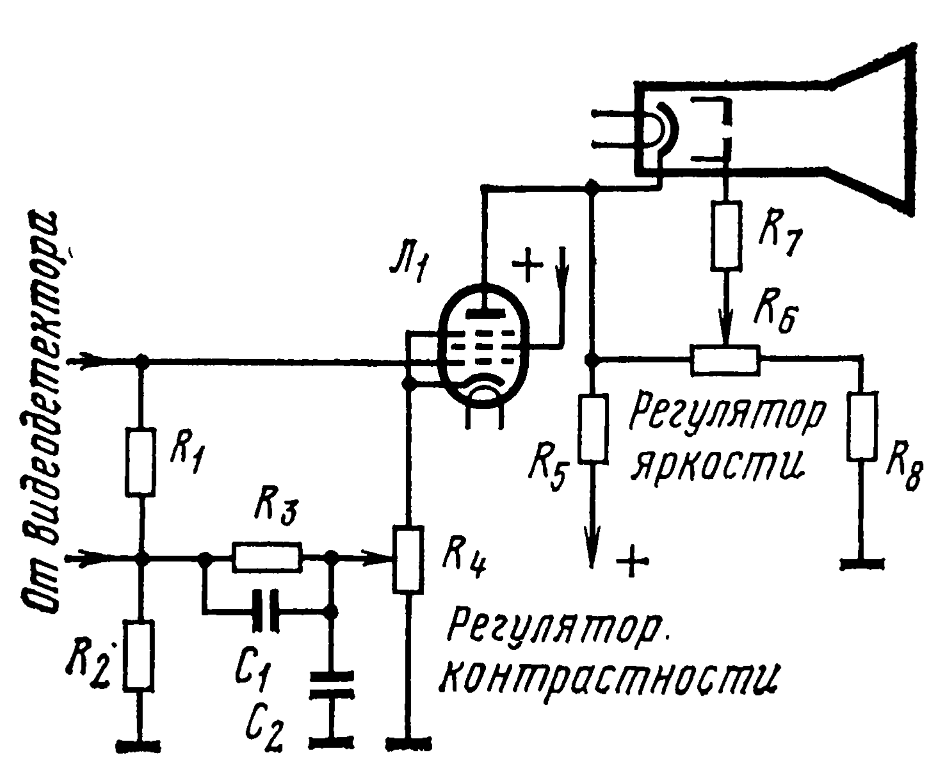


Рис. 17.10. Схема АРЯ регулировкой величины обратной связи

жения. Одновременно положение движка потенциометра R_4 определяет величину напряжения отрицательного смещения видеоусилителя, а следовательно, и напряжения на аноде лампы. С анодом лампы соединен катод кинескопа, а его управляющий электрод подсоединен к регулятору яркости. Отсюда следует, что при регулировке контрастности одновременно меняется яркость изображения.

Допустим, что движок регулятора R_4 находится в верхнем положении потенциометра. При этом контрастность изображения увеличена, что можно объяснить таким образом: переменное напряжение обратной связи, снятое с резистора R_4, распределяется между резисторами R_3 и R_2. Сопротивление резистора R_3 много меньше сопротивления резистора R_2, а так как на управляющую сетку лампы напряжение поступает с резистора R_3, то обратная связь мала, а усиление велико.

Постоянное напряжение, действующее на резисторе R_4 в той же пропорции, что и переменное напряжение, распределяется между резисторами R_3 и R_2, в результате на управляющей сетке лампы по отношению к шасси действует большая часть напряжения, а это значит, что разность потенциалов между катодом и управляющей сеткой минимальна, а постоянная составляющая анодного тока лампы максимальна. Это, в свою очередь, уменьшит постоянное напряжение на аноде видеоусилителя, уменьшится разность потенциалов между катодом и управляющим электродом кинескопа и яркость автоматически возрастет. Конденсаторы C_1 и C_2 увеличивают четкость изображения, так как они устраняют отрицательную обратную связь на высших видеочастотах.

Схема АРЯ с фиксирующим диодом (рис. 17.11).

В этой схеме сигнал изображения с выхода видеоусилителя подается на дополнительный пиковый детектор (диод $Д_1$), через ко-

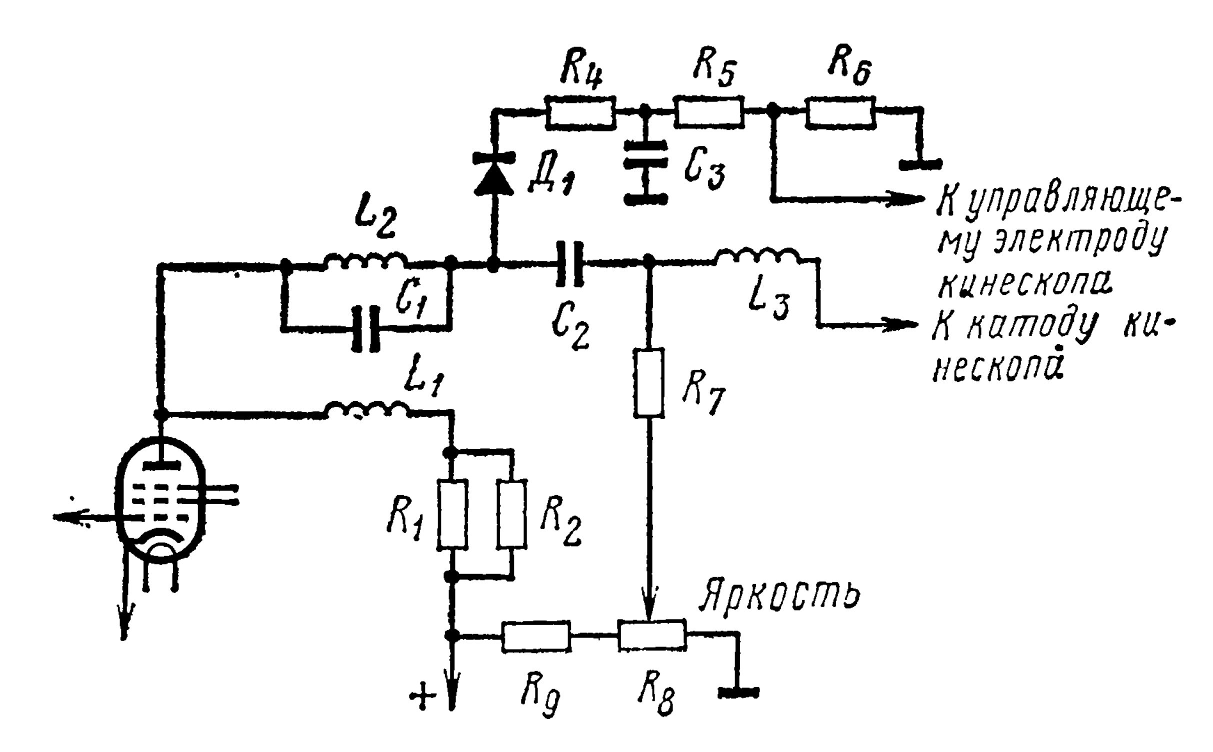


Рис. 17.11. Схема АРЯ с фиксирующим диодом

торый конденсатор C_3 заряжается до максимального пикового значения видеосигнала.

К конденсатору C_3 присоединен делитель напряжения R_5R_6. С резистора R_6 часть напряжения снимается на управляющий

электрод кинескопа. Постоянное напряжение на катоде кинескопа фиксировано, не зависит от уровня сигнала и может изменяться только при вращении ручного регулятора яркости R_8.

Напряжение на управляющем электроде, напротив, зависит от уровня видеосигнала; с увеличением контрастности постоянное напряжение на конденсаторе C_3 увеличивается, при уменьшении контрастности — уменьшается.

Таким образом, при большой контрастности разность потенциалов между катодом и управляющим электродом кинескопа уменьшается, а яркость увеличивается.

При малой контрастности разность потенциалов возрастает и яркость уменьшается. В результате яркость свечения кинескопа оказывается автоматически связанной с контрастностью изображения.

Мостовая схема АРЯ. В схеме рис. 17.12*а* регулятор контрастности R_4 включен параллельно анодной нагрузке видеоусилителя в диагональ моста, образованного резисторами R_2, R_{i1}, полным внут-

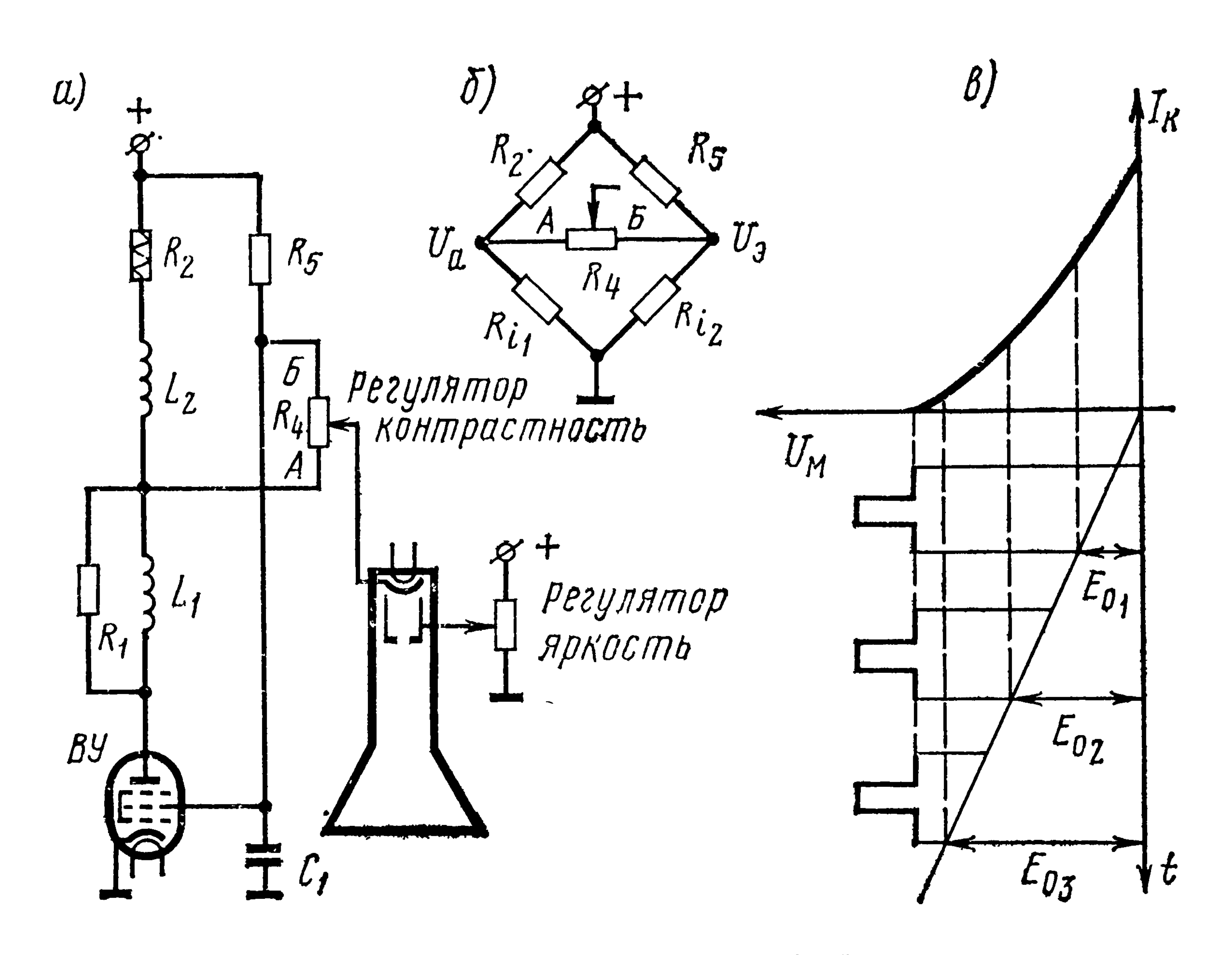


Рис 17.12. Мостовая схема АРЯ

ренним сопротивлением лампы видеоусилителя, резистором R_5 и внутренним сопротивлением лампы на участке экранирующая сетка — катод R_{12} (рис. 17.12*б*).

В точку *А* резистора R_4 постоянное напряжение $U_а$ поступает с анода видеоусилителя и при прохождении гасящего импульса (уровня черного) это напряжение меньше, чем напряжение на экранирующей сетке $U_э$, к которой подключена точка *Б* резистора R_4. Таким образом, при перемещении движка потенциометра одновре-

менно с изменением величины видеосигнала меняется и величина постоянного напряжения, поступающего на катод кинескопа, а это изменяет яркость изображения. Так, при положении движка R_4 ближе к точке *А* контрастность максимальна, а постоянное напряжение на катоде кинескопа малое, поэтому яркость увеличивается, при минимальной контрастности движок потенциометра R_4 находится ближе к точке *Б* и на катод кинескопа поступает увеличенный потенциал постоянного напряжения, что приводит к уменьшению яркости. Работа АРЯ иллюстрируется рис. 17.12*в*.

Автоматическая регулировка яркости в зависимости от освещенности помещения. Такая регулировка вызвана тем, что с увеличением внешнего освещения уменьшается контрастность и яркость изображения. Имеются схемы АРЯ в зависимости от внешней освещенности. Эта регулировка осуществляется за счет изменения проводящих свойств материала фоторезистора под действием света. Фоторезистор устанавливается на передний панели телевизора и находится в тех же условиях внешней освещенности, что и экран кинескопа.

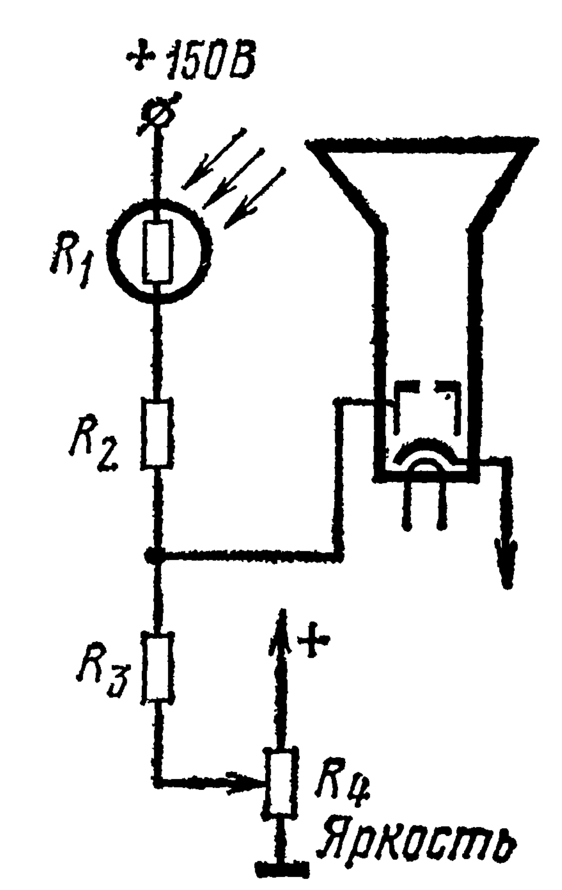


Рис. 17.13. Схема АРЯ в зависимости от освещенности помещения

Схема такой регулировки показана на рис. 17.13. Фоторезистор R_1 включен в цепь управляющего электрода кинескопа в составе делителя $R_2R_3R_4$ (регулятора яркости).

Напряжение на управляющий электрод кинескопа подается с точки соединения резисторов R_2 и R_3 вместе с напряжением, которое поступает с движка потенциометра регулятора яркости R_4. Это напряжение обусловливает определенную яркость свечения кинескопа.

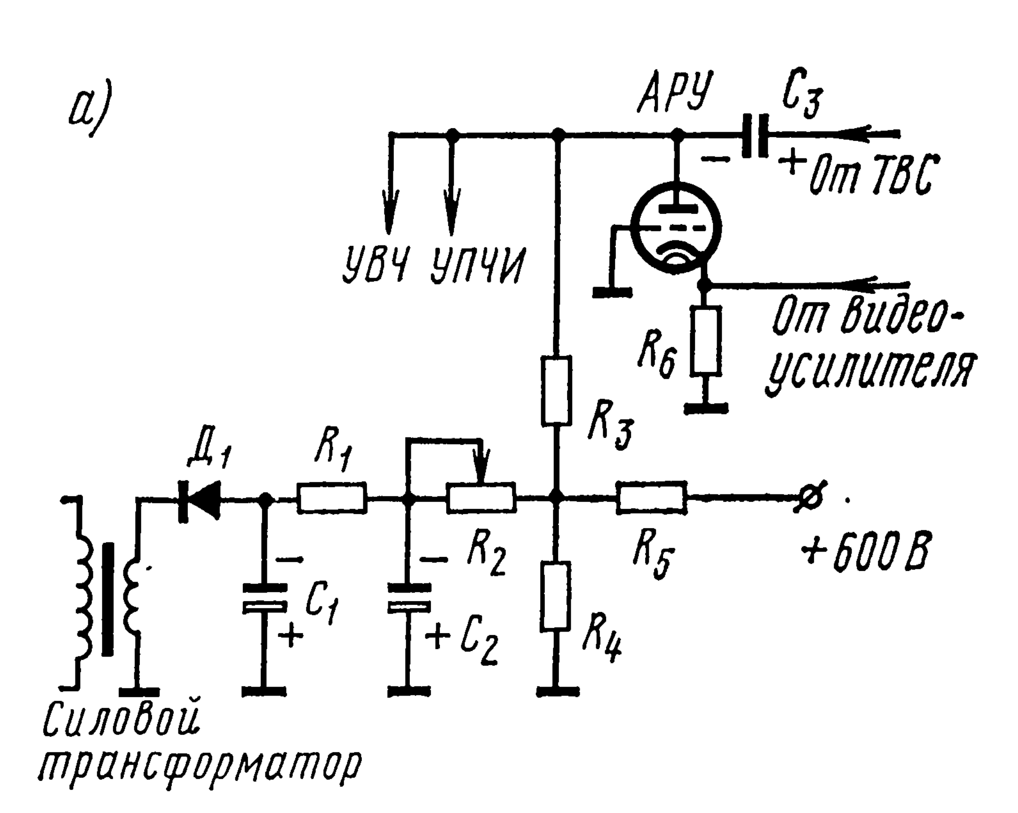
Если освещенность помещения увеличится, то большее количество световых лучей, падающих на фоторезистор, понизит его сопротивление. Ток, протекающий через делитель, увеличится, увеличится и потенциал на управляющем электроде кинескопа и яркость возрастает. При уменьшении освещенности помещения соответственно уменьшится и яркость свечения экрана кинескопа.

17.6. Автоматические устройства для защиты видеоканала от перегрузок и одновременного появления изображения и звукового сопровождения

Известно, что катоды обычных усилительных ламп прогреваются за 20 с, катоды демпферных ламп — за 90 с и более. Поэтому в телевизорах, где применена ключевая схема АРУ, с момента включения телевизора до момента появления изображения, т. е. до того момента, пока не начнет работать строчная развертка, а вме-

сте с ней и схема АРУ, подающая смещения на сетки усилительных ламп, изображение отсутствует, а звуковое сопровождение идет с хрипом, искажениями и неприятным гудением. До этого момента усилительные лампы работают без регулирующего напряжения АРУ, а значит, с максимальным усилением, что может привести к пробою точечных диодов видеодетектора.

В целях защиты видеоканала от перегрузок и одновременного появления звука и изображения существуют различные схемы. Схема рис. 17. 14*а* работает так: при включении телевизора с выпрямителя $Д_1$ через ограничитель контрастности R_2, который с резистором R_4 составляет делитель, напряжение защиты, равное 8 В, подается на управляющие сетки ламп, подключенных к схеме АРУ. Это напряжение запирает лампы, поэтому звук отсутствует до тех пор, пока не прогреется катод демпфера и не начнет работать строчная развертка. При работе развертки напряжение вольтодобавки 600 В подводится к делителю R_5R_4, причем R_4 зашунтировано резисторами R_2 — введенная часть, R_1, прямое сопротивление диода $Д_1$ и сопротивление обмотки трансформатора.



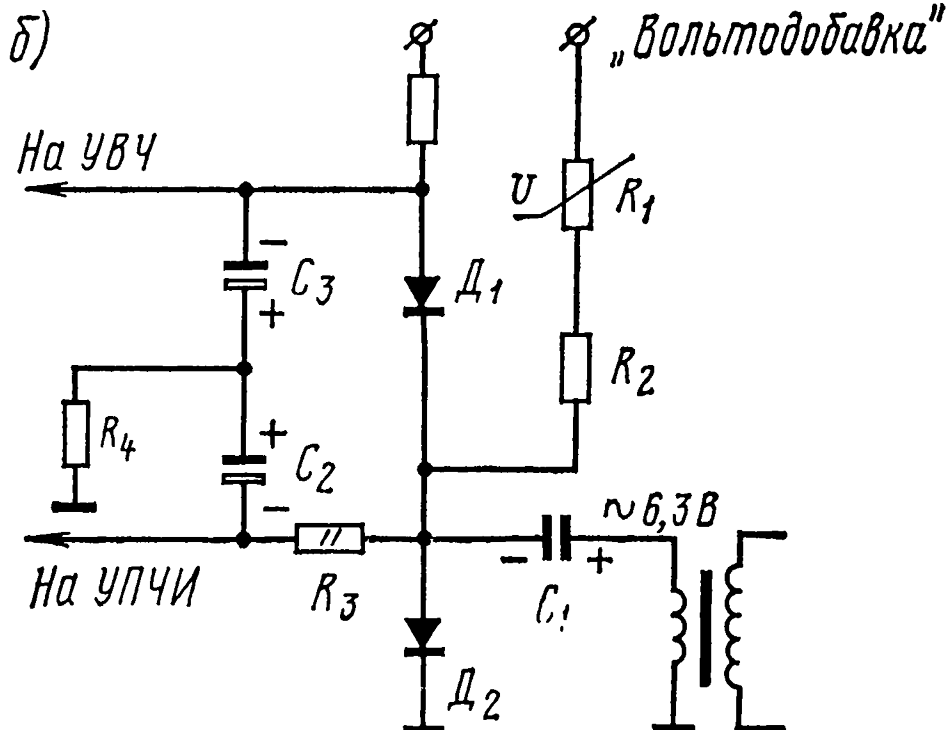


Рис. 17.14. Схемы защиты видеоканала от перегрузок

В результате деления напряжения вольтодобавки на резисторе R_4 выделяется напряжение, равное + 6 В, что приводит к уменьшению напряжения защиты до —2 В, и радиолампы видеоканала открываются. В это же время на них поступает напряжение АРУ.

Таким образом, видеоканал защищен от перегрузок, а звук и изображение появляются одновременно. При изменении величины сопротивления R_2 можно менять величину начального напряжения смещения, которое поступает на лампы УВЧ и УПЧ, и тем самым изменять чувствительность телевизора.

На рис. 17. 14*б* представлена схема защиты видеоканала от перегрузок, в которой используются варисторы.

При включении схемы на диоды $Д_1$ и $Д_2$ через конденсатор C_1 с обмотки накала ламп силового трансформатора поступает пере-

менное напряжение 6,3 В, которое выпрямляется диодами и удваивается. При положительном полупериоде конденсатор C_1 заряжается до амплитудного значения —7 В через открытый диод $Д_2$. Во время отрицательного полупериода на диод $Д_1$ поступает удвоенное напряжение, которое после выпрямления составит —14 В. Напряжение —7 В сглаживается фильтром $R_4C_2R_3$ и подается на УПЧИ. Удвоенное напряжение —14 В после фильтрации резистором R_4 и конденсатором C_3 подается на УВЧ. В результате каскады УПЧИ и УВЧ заперты.

Отрицательное запирающее напряжение компенсируется напряжением вольтодобавки, которое появляется только после прогрева катода демпферной лампы и подается на диод $Д_2$ через резистор R_2 и варистор R_1. Варистор имеет очень большое сопротивление до тех пор, пока напряжение вольтодобавки не достигнет своего номинального значения. Как только на варистор поступит требуемое напряжение, его сопротивление резко упадет и на анод диода $Д_2$ через резистор R_2 поступит положительное напряжение. Диод откроется и своим малым сопротивлением полностью зашунтирует источник отрицательного напряжения, поэтому лампы УВЧ и УПЧИ откроются. Одновременно с этим начнет работать лампа АРУ и регулирующее напряжение с нее поступит на УПЧИ.

На УВЧ регулирующее напряжение начнет поступать только при увеличенном входном сигнале. При малом входном сигнале действует задержка, которая осуществляется диодом $Д_1$, для чего на его анод подается пониженное напряжение вольтодобавки. Принцип действия схемы задержки аналогичен принципу действия, рассмотренному в схеме рис. 17.5*в*.

Контрольные вопросы

1. По каким причинам происходит изменение уровня входного сигнала?
2. Почему в телевизорах не может быть принят принцип действия системы АРУ, используемый в схемах радиовещательных приемников?
3. Какие требования предъявляются к схеме АРУ телевизора?
4. В чем заключается принцип действия схемы АРУ с пиковым детектором?
5. В чем достоинства и недостатки схемы АРУ с пиковым детектором?
6. В чем заключается принцип действия схемы АРУ, работающей от амплитудного селектора?
7. Что является недостатками схемы АРУ, работающей от амплитудного селектора?
8. В чем преимущества ключевых схем АРУ?
9. Поясните работу схемы АРУ транзисторных телевизоров.
10. Поясните структурную схему системы АПЧГ.
11. Какую роль играет варикап в схеме АПЧГ?
12. Что происходит в схеме при ручной регулировке частоты гетеродина?
13. Какой принцип положен в основу схем АРЯ? Докажите это графически.
14. Поясните работу схем АРЯ.
15. Поясните схему АРЯ в зависимости от освещенности помещения.
16. Объясните назначение и действие автоматических устройств защиты видеоканала от перегрузок.

Глава 18.

ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

18.1. Общие сведения об антенно-фидерных устройствах

Антенно-фидерное устройство состоит из двух отдельных элементов: антенны и фидера, органически связанных между собой.

Антенны являются устройствами, предназначенными для излучения или улавливания из окружающего пространства энергии электромагнитных волн. В приемной телевизионной антенне под воздействием электромагнитного поля наводятся токи и на ее выходных зажимах возникает электродвижущая сила (ЭДС), которая меняется в такт с изменением сигнала на выходе телевизионного передатчика.

Под действием ЭДС в проводах фидера, который соединяет антенну с телевизором, возникают токи, создающие напряжение высокой частоты на входе телевизора, которое затем усиливается и преобразуется в изображение и звук.

Особенностью телевизионного приема является то, что в УКВ диапазоне необходимо применять настроенные антенны, поэтому размеры антенны определяются длиной принимаемых волн.

18.2. Основные параметры телевизионных антенн и фидеров

Основными параметрами антенн являются: коэффициент усиления, направленность, входное сопротивление и полоса пропускания.

Коэффициент усиления — это величина, показывающая, во сколько раз напряжение на входе телевизора, создаваемое антенной данного типа, больше, чем напряжение, создаваемое на входе телевизора полуволновым вибратором.

Коэффициент усиления антенны в децибелах определяют по формуле

$$K = 20\lg\frac{U_{\text{макс. антенны}}}{U_{\text{макс. полуволн. вибратора}}}, \text{дБ}.$$

Здесь $U_{\text{макс. антенны}}$ и $U_{\text{макс. полуволн. вибратора}}$ — это соответственно напряжения, создаваемые антенной данного типа и полуволновым вибратором на согласованной нагрузке при ориентировке их на максимум приема.

Направленность антенны обычно характеризуют диаграммой направленности, которая представляет собой графическое изображение величины ЭДС, наведенной в антенне, от направления прихода сигнала при неизменном расстоянии до передающей антенны.

Форма диаграммы направленности определяется конструкцией антенны. Диаграмма может иметь вид круга, восьмерки или вытянутых лепестков (18.1*а*, *б*, *в*).

С диаграммой направленности связан коэффициент усиления: чем у́же основной лепесток диаграммы и чем меньше задние и боковые лепестки, тем выше коэффициент усиления.

Основными параметрами диаграмм направленности являются ширина главного лепестка и уровень боковых лепестков.

Входным сопротивлением антенны называют сопротивление ее в тех точках, куда подключается нагрузка или фидер.

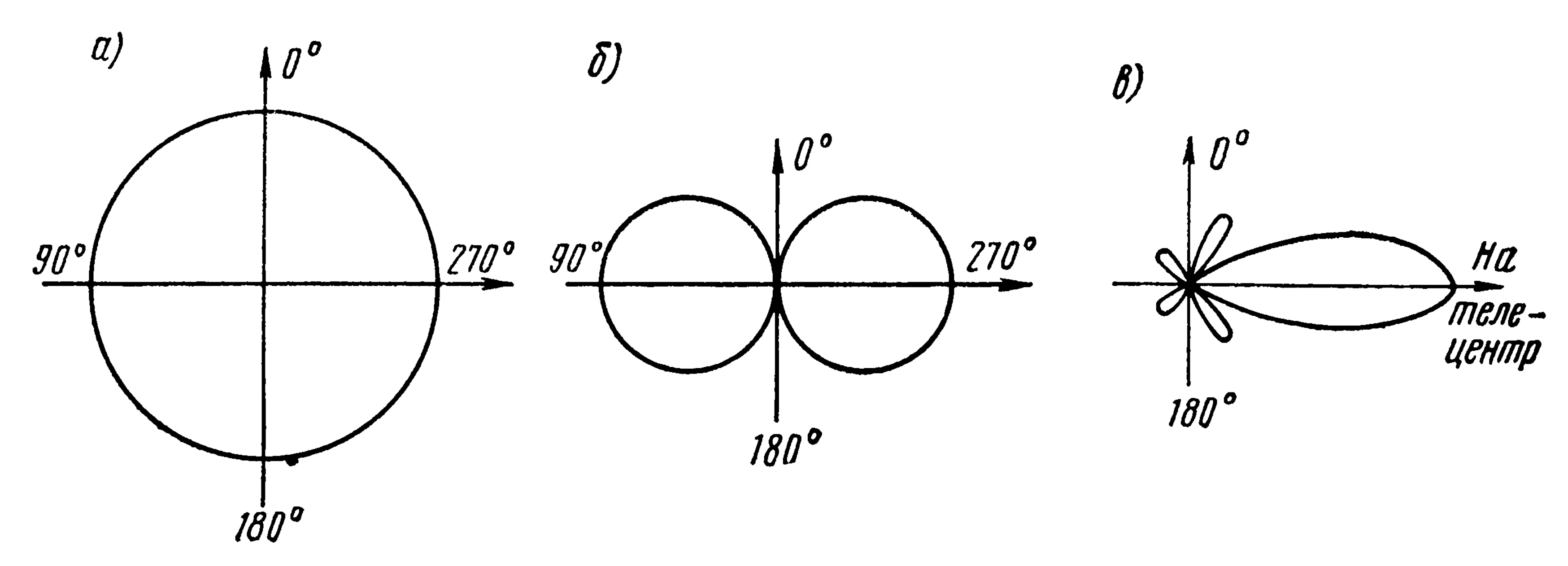


Рис. 18.1. Диаграммы направленности антенн

Входное сопротивление имеет активную и реактивную составляющие. При настройке антенны в резонанс с приходящими колебаниями реактивная составляющая становится равной нулю, и входное сопротивление носит чисто активный характер. Антенна будет настроена в резонанс, если ее геометрическая длина равна половине длины принимаемой волны. Однако телевизионный сигнал, как известно, занимает целую полосу частот, поэтому антенну настраивают в резонанс на среднюю частоту полосы телевизионного сигнала.

Приемная антенна по отношению к телевизору является генератором энергии, а телевизор — нагрузкой, следовательно, антенна отдает максимум энергии на вход телевизора только тогда, когда ее сопротивление будет равно сопротивлению входа телевизора, т. е. антенна и вход телевизора должны быть согласованы. Следует иметь в виду, что даже при полном согласовании от антенны, как и от любого генератора, отбирается лишь половина мощности принятого сигнала, а другая половина излучается обратно в пространство. Величина входного сопротивления антенны определяется конструкцией.

Полоса пропускания приемной антенны — это тот диапазон частот, принятых антенной, в котором выдерживаются требуемые значения согласования, коэффициента усиления, направленности.

Чтобы обеспечить высокое качество приема, антенна должна пропустить весь спектр частот телевизионного сигнала, равный для

одного канала около 8 МГц. Этот параметр также зависит от конструкции антенны.

К фидеру предъявляются следующие требования:

1. Фидер должен иметь минимальные потери энергии на тепло в проводнике, на излучение в окружающее пространство и в диэлектрике.

2. Фидер не должен принимать электромагнитные волны, т. е. не должен обладать антенным эффектом.

3. В фидере должен быть установлен режим бегущей волны.

18.3. Типы и конструкции телевизионных антенн

Здесь будут рассмотрены антенны, наиболее распространенные для приема телевизионных программ. К таким антеннам относятся: полуволновый линейный вибратор, полуволновый петлевой вибратор, антенна типа «волновой канал», многопрограммные антенны.

Полуволновый линейный вибратор. Полуволновый линейный вибратор (рис. 18. 2*а*) является простейшей приемной антенной,

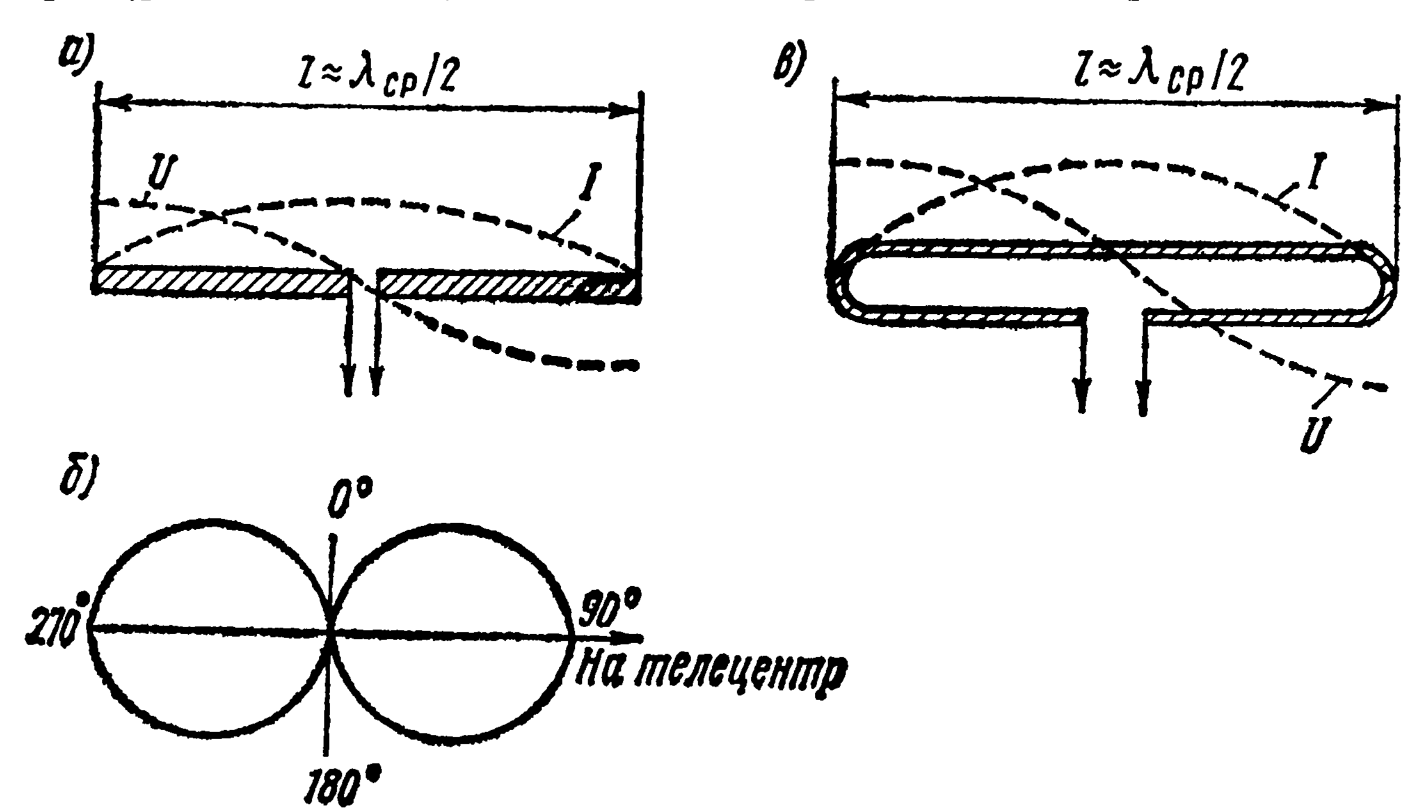


Рис. 18.2. Слабонаправленные антенны

которую можно использовать для приема телевидения как в пределах города, так и за городом при расстояниях порядка 30—40 км от телевизионного центра, а также в качестве активного элемента в многоэлементных антеннах «волновой канал». Это слабо направленная антенна. Вибратор выполняется обычно из стальных, латунных или дюралюминиевых трубок диаметром 10—20 мм. Резонансная длина вибратора $l=\lambda_{ср}/2$, где l — средняя длина волны телевизионного канала.

Входное сопротивление полуволнового линейного вибратора, настроенного в резонанс, равно 75 Ом. Диаграмма направленности имеет вид восьмерки (рис. 18.2*б*).

Полуволновый петлевой вибратор. Петлевой вибратор (вибратор Пистелькорса) (рис. 18.2*в*) является разновидностью полуволнового вибратора. Он применяется как для приема передач в

городе, так и за городом и широко используется в качестве активного вибратора в многоэлементных антеннах типа «волновой канал». Представляет собой два линейных вибратора, расположенных рядом и соединенных вместе своими концами. Один вибратор посередине разрезан. Резонансная длина его также равна $\lambda_{ср}/2$.

Входное сопротивление настроенного в резонанс вибратора равно 300 Ом. Это сопротивление складывается из четырех сопротивлений по 75 Ом, т. е.

$$R_{вх} = R_1 + R_2 + R_{1,2} + R_{2,1} = 4 \cdot 75 \text{ Ом} = 300 \text{ Ом}.$$

Здесь R_1 и R_2 — входные сопротивления линейных вибраторов, из которых состоит петлевой вибратор, а $R_{1,2}$ и $R_{2,1}$ — взаимонаведенные сопротивления двух близко расположенных вибраторов.

По сравнению с линейным петлевой вибратор при одинаковом диаметре трубок пропускает несколько бóльшую полосу частот. Диаграмма направленности также имеет вид восьмерки, т. е. антенна слабонаправленная.

В средней точке петлевого вибратора потенциал равен нулю; заземление этой точки не нарушает электрическую симметрию, поэтому вибратор можно крепить непосредственно к заземленной мачте без всяких изоляторов. Это обеспечивает защиту антенны во время грозы.

Антенна «волновой канал». Антенна типа «волновой канал» является направленной антенной. Состоит из активного вибратора (линейного или петлевого) и пассивных вибраторов, укрепленных на общей стреле и расположенных в одной плоскости вдоль линии максимального приема.

Наиболее простая конструкция такой антенны показана на рис. 18.3*а*. Здесь вибратор *А* является активным, так как к нему при помощи фидера подключается телевизор. Вибратор *Р*, расположенный позади активного вибратора, называется рефлектором. Он несколько длиннее активного вибратора. Вибратор *Д* расположен впереди активного вибратора (со стороны прихода сигнала) и называется директором. Он несколько короче, чем активный вибратор. Вибраторы *Р* и *Д* называются пассивными, так как они не соединяются с фидером.

Антенна типа «волновой канал» может содержать не один, а несколько директоров (рис. 18.3*в*, *д*). Рассмотрим принцип ее работы: активный вибратор при работе на согласованную нагрузку отдает ей только половину принятой энергии, вторую половину энергии он излучает обратно в окружающее пространство. В результате вибратор создает электромагнитное поле, которое наряду с приходящей волной наводит ЭДС в пассивных вибраторах. Под действием этих ЭДС в пассивных вибраторах возникают токи и вибраторы, в свою очередь, создают электромагнитные поля. При соответствующем соотношении фаз токов в активном и пассивном вибраторах поля последних складываются вблизи активного вибратора, увеличивая ЭДС на его зажимах, и взаимно уничтожаются со стороны рефлектора. Таким образом, рефлектор обеспечи-

вает получение однолепестковой диаграммы направленности (рис. 18.3б).

Указанное соотношение фаз токов в вибраторах получается только при приходе волны от директоров к активному вибратору, когда волна вначале возбуждает директоры, а затем уже активный вибратор и рефлектор.

При приходе волны с другого направления от рефлектора к активному вибратору, а также с других направлений соотношения

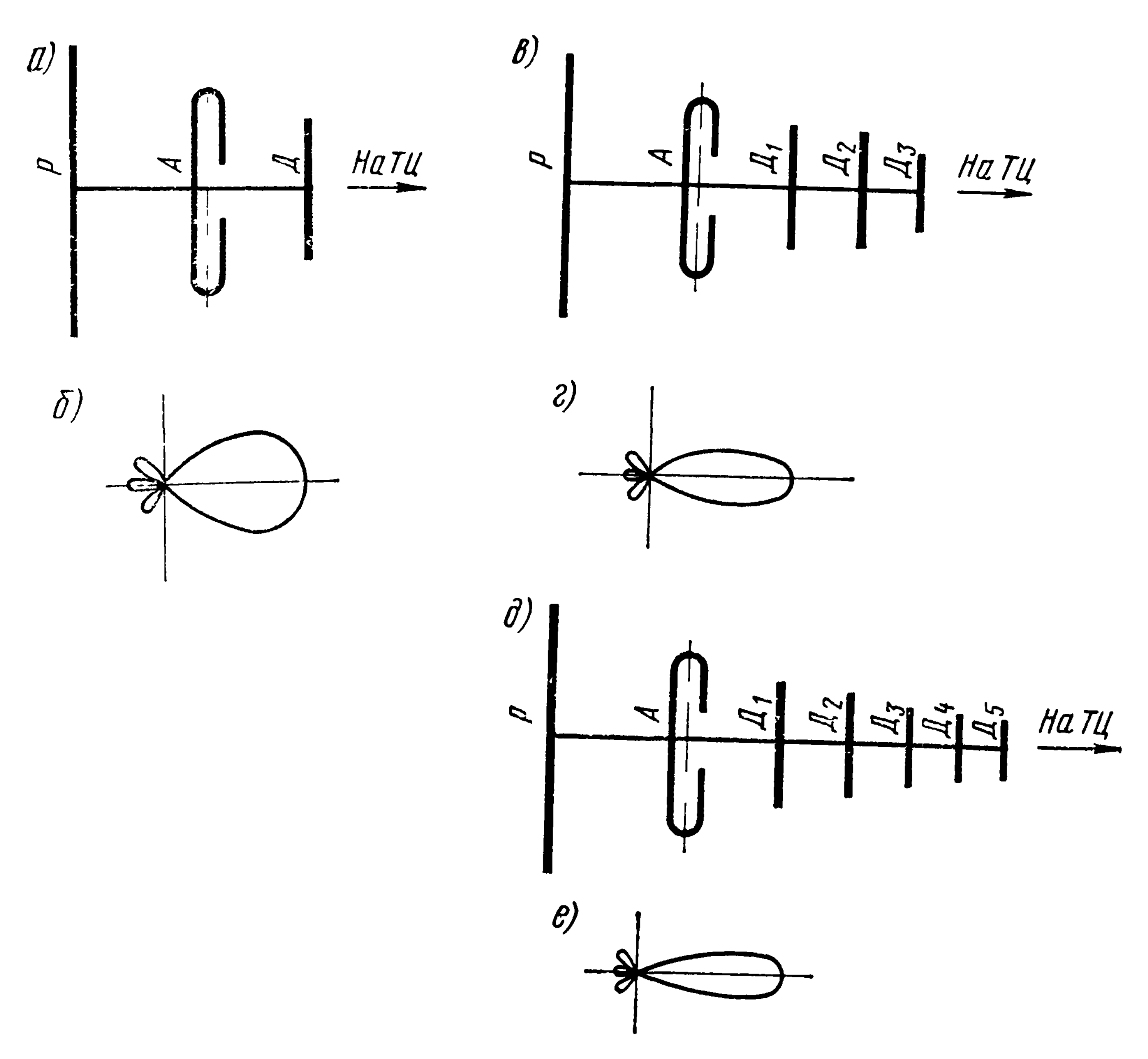


Рис. 18.3. Многоэлементные телевизионные антенны и их диаграммы направленности

фаз токов получаются такими, что происходит полная или частичная компенсация полей у активного вибратора.

Пассивные вибраторы, расположенные впереди активного вибратора, называются директорами, так как они выполняют функцию приема и направления энергии приходящей волны к активному вибратору как бы по каналу вдоль линии максимального приема. Поэтому антенна и получила название «волновой канал».

Пассивный вибратор, расположенный позади активного вибратора, называется рефлектором потому, что он отражает энергию приходящей волны со стороны директоров обратно к активному вибратору.

Для получения необходимого сдвига фаз директоры укорочены примерно на 4%, а рефлекторы удлинены примерно на 5% по отношению к длине активного вибратора.

В зависимости от числа элементов, входящих в антенну, определяется и коэффициент усиления. Чем больше число элементов, тем коэффициент усиления больше.

Как видно из рис. 18.3*д*, при увеличении числа директоров диаграмма направленности становится более узкой, а следовательно, более высоким будет и коэффициент усиления. Однако при числе директоров более 3—4 сужение диаграммы происходит медленно, вследствие того, что удаленные директора мало влияют на поле вблизи активного вибратора. Но так как антенны для верхних телевизионных каналов имеют малые геометрические размеры, то их изготавливают с большим числом директоров, что обеспечивает увеличение ЭДС на зажимах активного вибратора.

Многопрограммные антенны. Многопрограммные антенны применяются для приема передач на нескольких телевизионных каналах. Такими антеннами являются телевизионные антенны коллективного пользования — ТАКП.

На рис. 18.4 показана комбинированная антенна для приема I и III телевизионных каналов Московского телевизионного центра.

Эта антенна состоит из четырех вибраторов: двух активных и двух пассивных, расположенных на одной стреле. В качестве ак-

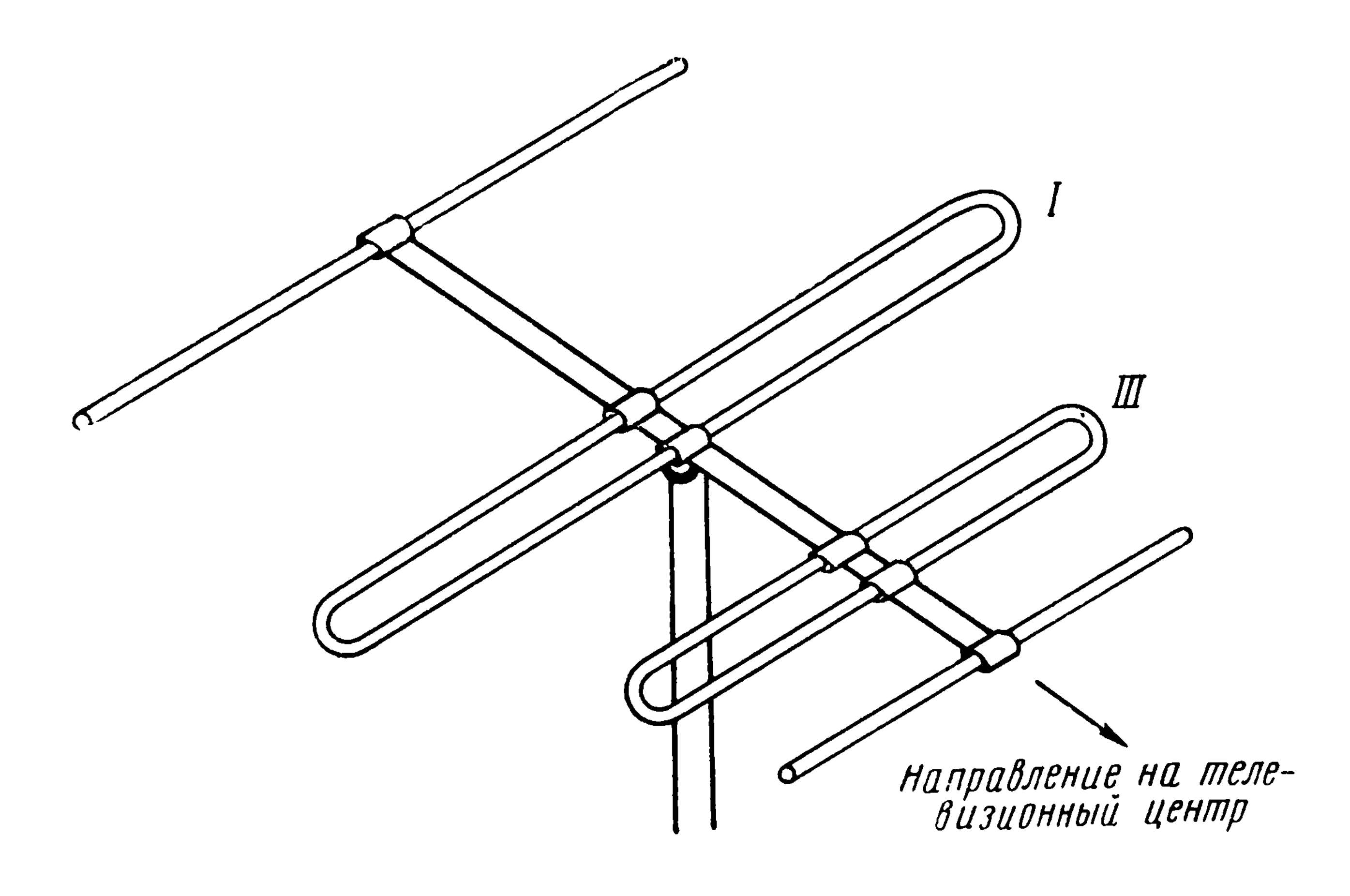


Рис. 18.4. Комбинированная антенна для приема двух программ

тивных вибраторов используются петлевые вибраторы, настроенные соответственно на частоты I и III телевизионных каналов. Размеры комбинированной антенны подобраны таким образом, что петлевой вибратор I канала работает на III канале как дополнительный рефлектор, а петлевой вибратор III канала как дополнительный директор — на I канале.

Диаграмма направленности такой антенны однолепестковая и имеет такой же вид, как и трехэлементная антенна типа «волновой канал».

Соединение активных вибраторов между собой и с общим кабелем снижения производится при помощи разделительных фильтров, собранных из отрезков коаксиального кабеля.

В настоящее время для приема передач на I и III каналах используется антенна типа ТВК-5/1,3 (рис. 18.5). Здесь используются один активный вибратор для приема обеих программ, три

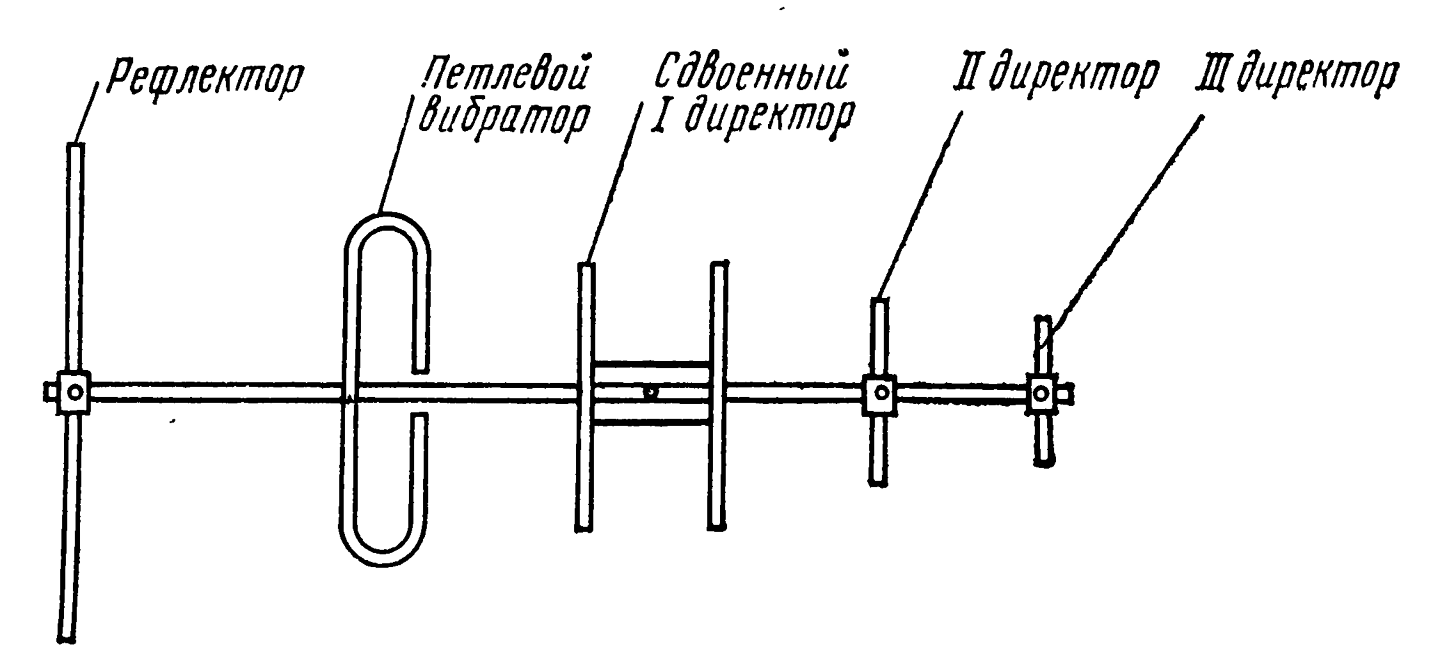


Рис. 18.5. Антенна типа ТВК-5/1,3

директора, один из которых сдвоенный, и один рефлектор. Применение одного активного вибратора позволяет исключить разделительный фильтр.

18.4. Фидерные линии и согласующие устройства

Фидерная линия, соединяющая приемную антенну с телевизором, передает энергию принятого сигнала от антенны на вход телевизора. Фидерная линия выполняется кабелем, сопротивление которого должно быть согласовано как с входным сопротивлением антенны, так и со входом телевизора. Отсутствие согласования, кроме потерь энергии, приводит к специфическим искажениям — появлению побочных изображений на экране телевизора более слабых, чем основное, и смещенных от него вправо. Это объясняется тем, что при отсутствии согласования фидера со входом телевизора часть энергии отражается от входа телевизора, попадает обратно к антенне и при плохом согласовании фидера с антенной частично излучается антенной обратно в пространство, а частично отражается от антенны и снова попадает на вход телевизора, но с некоторым запозданием по времени по отношению к основному сигналу.

Для обеспечения равенства входного сопротивления антенны с фидером применяются согласующие устройства.

Фидерная линия часто по своей длине превышает длину принимаемой волны, поэтому она еще называется длинной линией. Наиболее распространенной фидерной линией является несимметричный фидер из коаксиального кабеля марок РК-1, РК-3, РК-101, КПТМ, КПТА и другие типы. Коаксиальный кабель имеет центральную медную жилу, которая является одним проводником, и

концентрическую с жилой оболочку, сплетенную из тонких медных проводов, которая является вторым проводником. Эта оболочка всегда соединяется с землей, т. е. имеет нулевой потенциал. Поэтому такой кабель можно прокладывать внутри труб, вблизи металлических предметов и т. п. без нарушения режима его работы. Это удобство и определило широкое применение коаксиального кабеля.

Основным параметром фидера является его волновое сопротивление, которое определяется по формуле: $W = \sqrt{L/C}$, где L и C — соответственно индуктивность и емкость на единицу длины линии. Волновое сопротивление характеризует отношение напряжения к току в любой точке длинной линии.

Если линия не имеет потерь, то энергия распространяется только в одном направлении от источника к нагрузке, т. е. от антенны к телевизору, и в этом случае в ней устанавливается бегущая волна. При бегущей волне напряжение и ток вдоль линии остаются неизменными, т. е. вольтметр, подключенный к линии в любой точке, будет показывать одно и то же напряжение. Бегущую волну можно получить и в реальной линии, т. е. в линии, которая нагружена на активное сопротивление, равное волновому сопротивлению линии.

В этом случае волна также распространяется только в одном направлении от генератора к нагрузке и поглощается в ней. Отраженных волн не возникает.

Волновое сопротивление линии зависит от ее геометрических размеров. Для коаксиального кабеля его можно определить по формуле

$$W = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \lg \frac{Д}{d},$$

где ε — диэлектрическая проницаемость изоляции между жилой и оплеткой кабеля; $Д$ — внутренний диаметр оплетки кабеля; d — диаметр жилы кабеля. Волновое сопротивление коаксиального кабеля, используемого в антеннах индивидуального и коллективного пользования, составляет обычно 75 Ом.

В тех случаях, когда входное сопротивление антенны не равно волновому сопротивлению фидера, применяются согласующие устройства. Наиболее распространенным согласующим устройством является симметрирующая петля, которая применяется для согласования антенны типа „полуволновой петлевой вибратор", имеющей входное сопротивление $R_{вх} = 300$ Ом, с коаксиальным кабелем, волновое сопротивление которого 75 Ом.

Схема симметрирующей петли показана на рис. 18.6. Петля представляет собой отрезок коаксиального кабеля, длина которого составляет половину средней длины принимаемой волны.

Принцип действия петли заключается в следующем: волновое сопротивление петлевого вибратора равно примерно 300 Ом. Сле-

довательно, сопротивление каждой половины петлевого вибратора между любым из зажимов (рис. 18.6, точки *А* или *Б*) и точкой нулевого потенциала (рис. 18.6, точка *О*) составляет 300/2=150 Ом.

Из теории длинных линий известно, что входное сопротивление кабеля длиной в полволны, т. е. в данном случае кабеля петли, равно тому сопротивлению, на которое этот кабель (петля) нагружен.

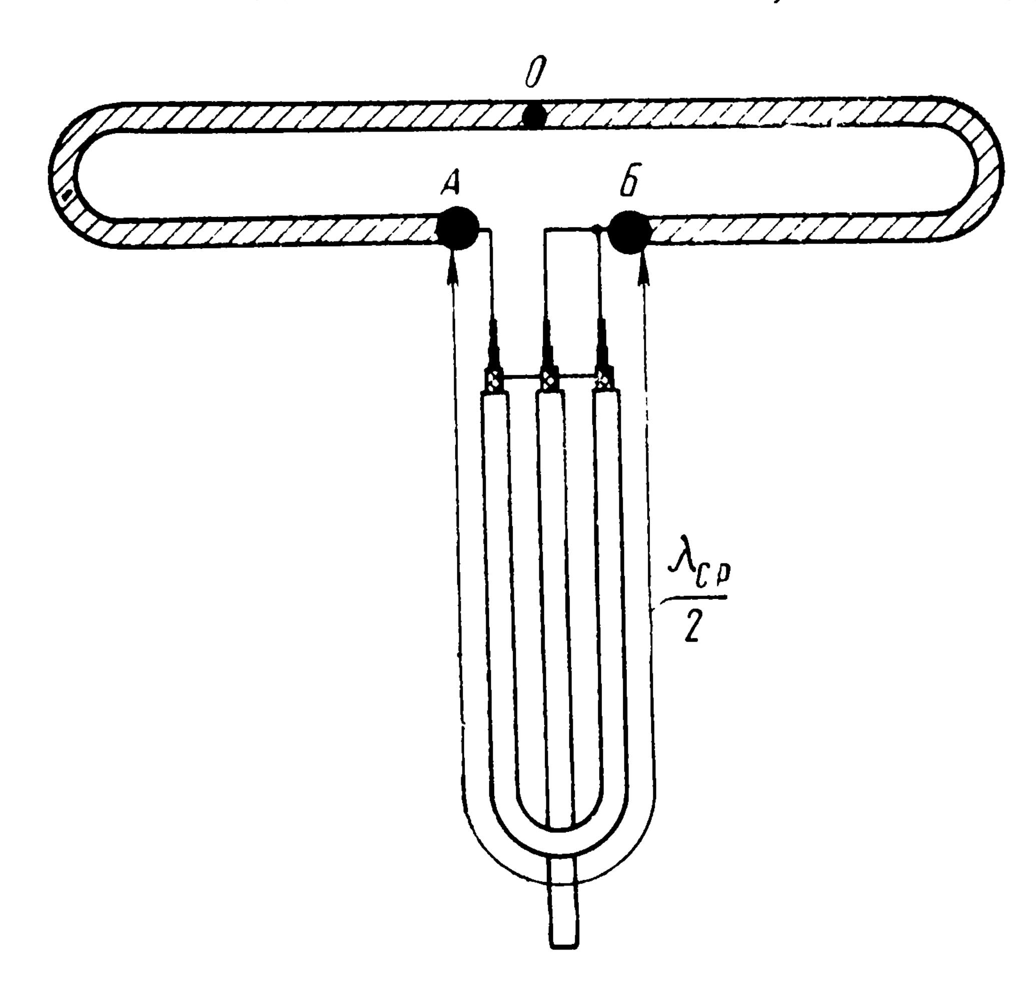


Рис. 18.6. Симметрирующая петля

В рассматриваемом случае петля присоединяется к точкам *А* и *Б*; сопротивление двух половинок вибратора (*АО* и *БО*) составляет 75 Ом, так как они соединены через петлю параллельно, а каждое из них имеет сопротивление 150 Ом. В результате получается, что петля имеет сопротивление 75 Ом и подключенный к ней фидер с волновым сопротивлением 75 Ом обеспечивает высокую степень согласования. Благодаря тому что петля имеет длину λ/2, в ней получается сдвиг токов по фазе на 180°, в результате чего токи от обоих плеч вибратора складываются в центральной жиле фидера.

В настоящее время в телевизионной антенне коллективного пользования для согласования 300-омного сопротивления антенны с 75-омным сопротивлением кабеля применяется симметрирующе-согласующий трансформатор, схема которого показана на рис. 18.7*а*. Индуктивности, показанные на этой схеме, не образуют трансформаторов. Это условно показанные провода длинной линии (рис. 18.7*б*). В этой схеме провода L_1 и L_2 образуют одну длинную линию, а провода L_3 и L_4 — другую. Расстояние между проводами и их диаметр выбирают такими, чтобы волновое сопротивление каждой линии было равно 150 Ом.

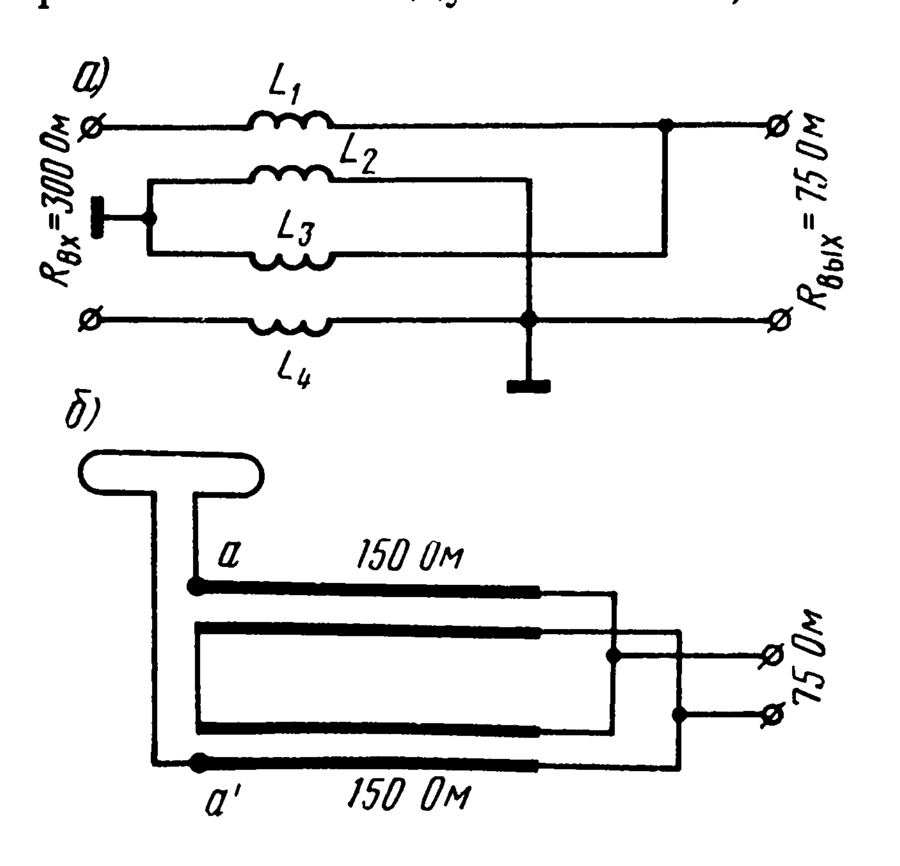


Рис. 18.7. Симметрирующе-согласующий трансформатор

Со стороны антенного входа обе линии включены последовательно, поэтому входное сопротивление устройства между точками aa^1 равно 300 Ом, что обеспечивает со-

гласование с антенным кабелем и симметричное его включение. На выходном конце обе линии соединяются параллельно, вследствие чего выходное сопротивление устройства оказывается равным 75 Ом.

18.5. Коллективная антенная установка (КАУ) для приема многопрограммного телевизионного вещания

Скелетная схема КАУ для многопрограммного вещания показана на рис. 18.8.

Она включает в себя антенну для I и III каналов, антенну для VI—XII каналов, устройство для сложения сигналов от двух ан-

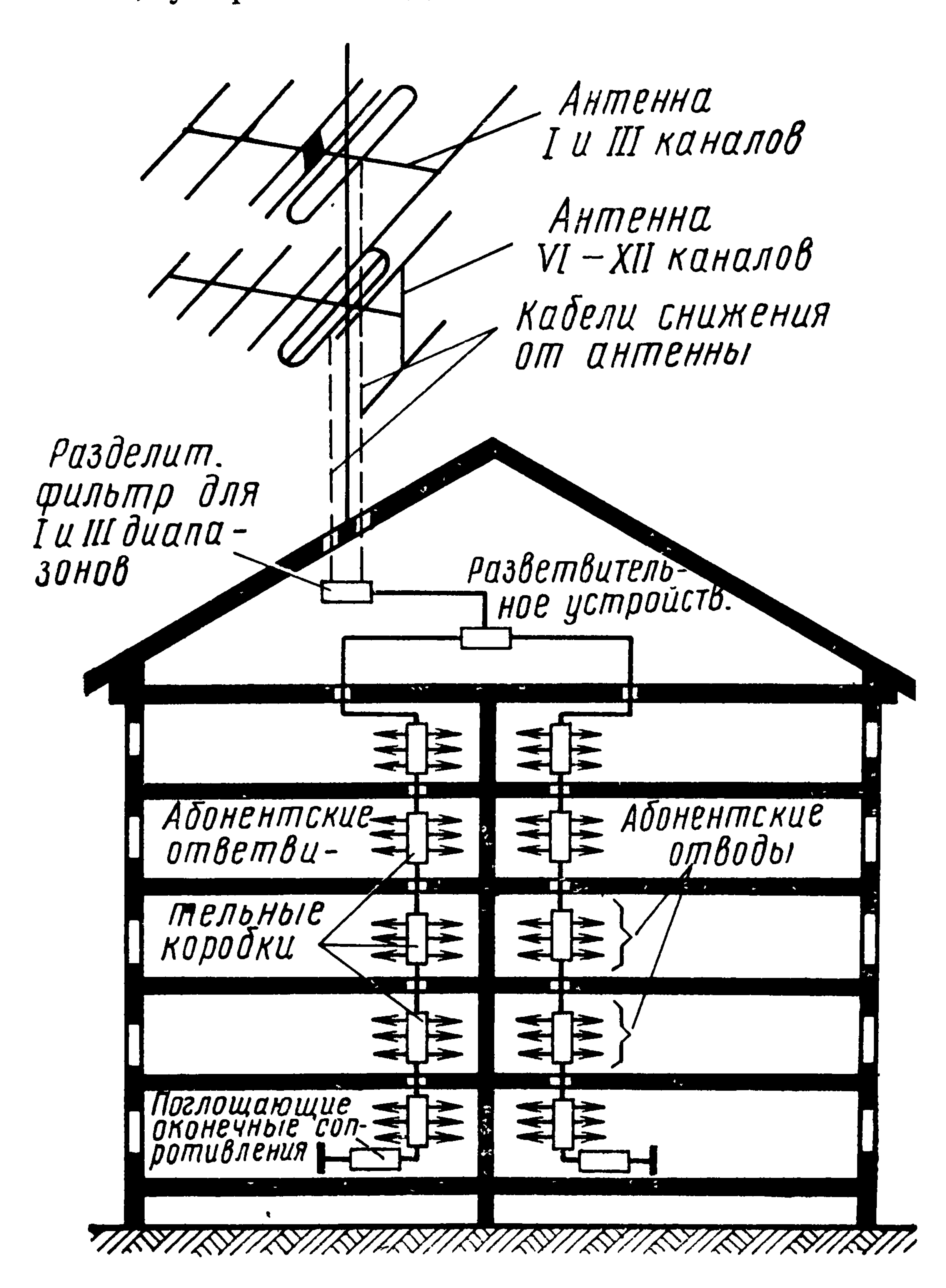


Рис. 18.8. Скелетная схема КАУ

тенн, разветвительное устройство, абонентские ответвительные коробки, абонентские отводы и поглощающие оконечные сопротивления.

В качестве антенны для приема I и III каналов, работающих в диапазоне 48—100 МГц, используется антенна типа ТВК-5/1,3 (телевизионная, «волновой канал», пятиэлементная, рассчита-

на для приема I и III каналов). Антенна имеет один активный петлевой вибратор, сдвоенный I директор, II директор и рефлектор (рис. 18.8). Диапазонные свойства обеспечиваются применением широкого петлевого вибратора и сдвоенного директора. Антенна не требует применения разделительного фильтра. Активный вибратор соединяется с фидером при помощи симметрирующе-согласующего трансформатора.

Антенна для приема VI—XII каналов, расположенных в диапазоне частот 174—230 МГц, представляет собой семиэлементную антенну. Она содержит один двойной петлевой вибратор, выполненный из трех трубок, который является активным, и шесть вибраторов пассивных, из них четыре директора и два рефлектора. Большое число элементов обеспечивает необходимый уровень ЭДС на зажимах активного вибратора, так как, в отличие от антенны типа ТВК-4/1,3, размер элементов антенны III диапазона (174—230 МГц) значительно меньше, чем у антенны I диапазона (48—100 МГц). Пять вибраторов антенны расположены на горизонтальной опорной стреле и два на вертикальной стреле.

Устройство для сложения сигналов от двух антенн представляет собой разделительный фильтр для I и III диапазонов, который состоит из катушек индуктивности и конденсаторов постоянной емкости (рис. 18.9).

Рассмотрим работу фильтра; сигналы, принятые антенной I диапазона (48—100 МГц), легко проходят через индуктивность L_1 в общий кабель снижения и не ответвляются в сторону антенны

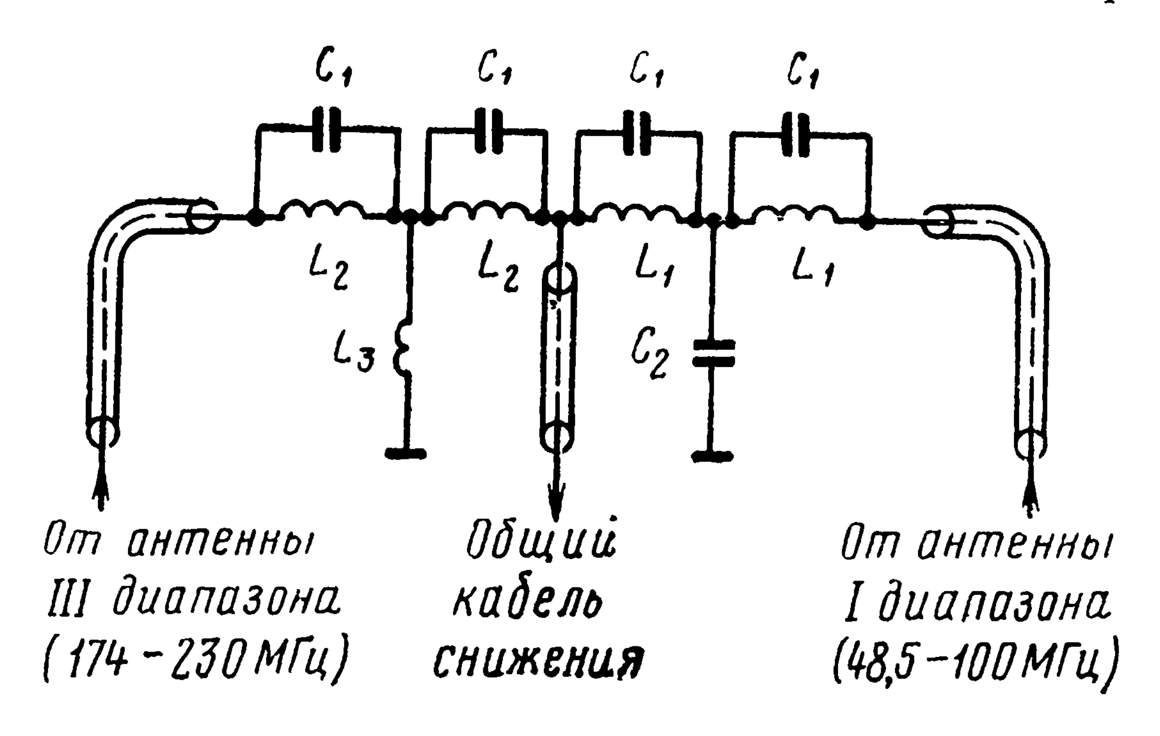


Рис. 18.9. Схема разделительного фильтра I и III диапазонов

III диапазона, так как контуры C_1L_2 представляют для них фильтры-пробки. Принятые антенной I диапазона сигналы III диапазона закорачиваются на землю через конденсатор C_2. Сигналы, принятые антенной III диапазона (174—230 МГц), легко проходят в общий кабель снижения через конденсаторы C_1 и не ответвляются в сторону антенны I диапазона, так как контуры C_1L_1 представляют для них фильтр-пробки. Через катушку L_3 закорачиваются на землю сигналы I диапазона, принятые антенной III диапазона.

18.6. Телевизионная антенна дециметровых волн

Прием телевидения на дециметровых волнах (ДЦВ) отличается рядом особенностей. В городских условиях, где имеется много разных препятствий, прием телевизионного сигнала дециметрового диапазона затруднен, так как волны этого диапазона плохо огибают препятствия, отражаясь от них. Это приводит к уменьшению уровня полезного сигнала на входе телевизора и увеличению количества отраженных волн, ухудшающих качество изображения.

Вместе с тем внутренние шумы устройств, рассчитанных на работу в дециметровом диапазоне, больше, чем в диапазоне метровых волн, поэтому для сохранения требуемого качества изображения на вход телевизора при работе в дециметровом диапазоне надо подавать более высокое напряжение телевизионного сигнала, чем при работе на метровых волнах.

Ввиду этих особенностей антенны, предназначенные для работы на ДЦВ, должны обладать более высокими эффективностью и помехозащищенностью, что приводит к усложнению антенн и увеличению числа элементов в ней.

В ДЦВ диапазоне применяются антенны типа «волновой канал», так как их элементы имеют малые размеры ввиду малой длины волн, а эффективность и помехозащищенность повышаются увеличением числа рефлекторов и директоров.

Для приема телевидения в диапазоне 21—39 телевизионных каналов используется наружная антенна типа «волновой канал» (рис. 18.10). Элементы этой антенны изготовлены из полосок металла, а не из трубок, что упрощает изготовление петлевого вибратора.

Обозначается такая антенна АТВКД-15 (21—39) — антенна телевизионная «волновой канал», дециметрового диапазона, 15-элементная, на каналы 21—39.

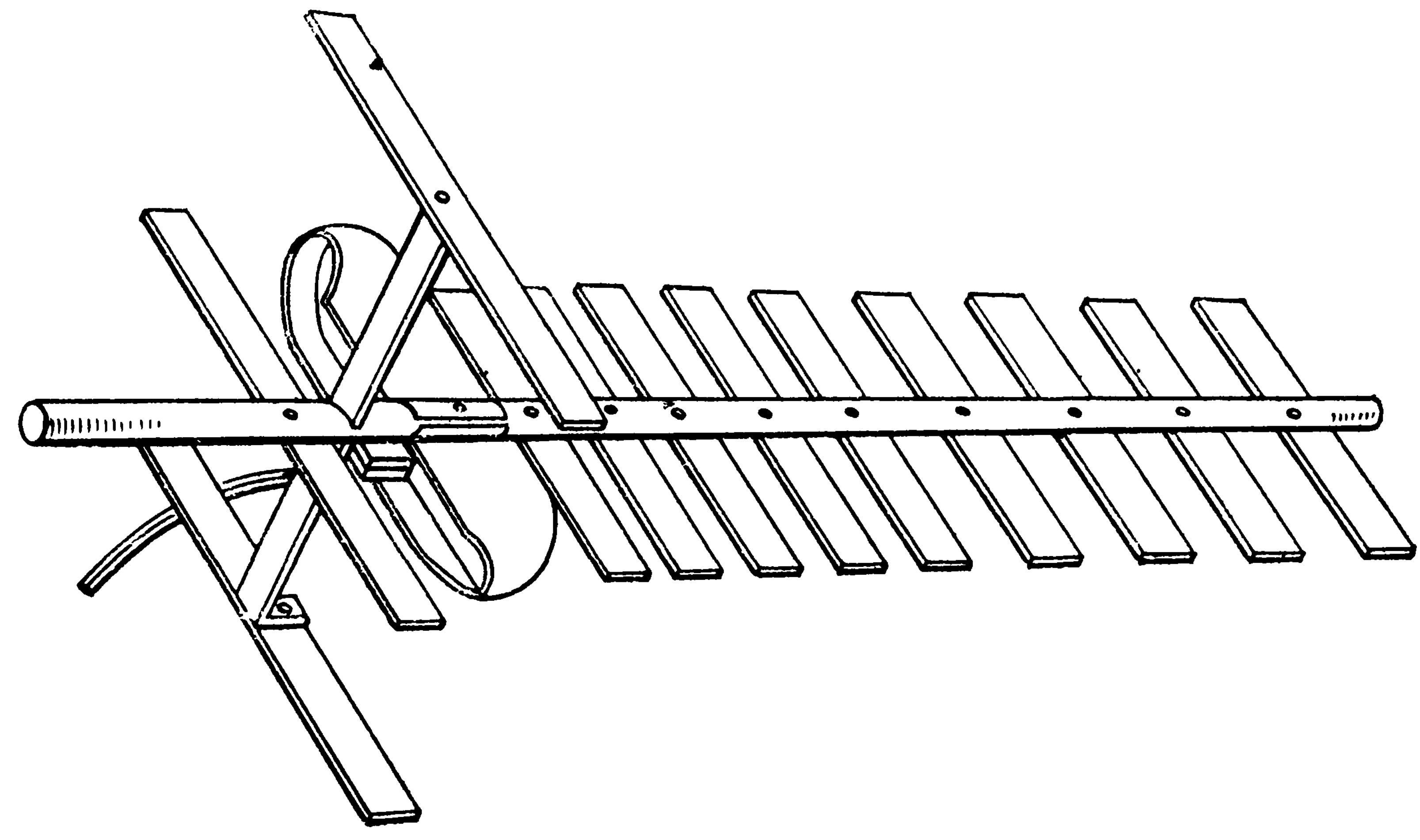


Рис. 18.10. Телевизионная антенна дециметровых волн АТВКД-15 (21—39)

Помимо активного петлевого вибратора, в ее состав входят трехэлементный рефлектор и одиннадцать директоров.

Размещается дециметровая антенна на одной опоре с антеннами метровых волн. Чтобы взаимное влияние между антеннами было незначительным, расстояние между ними должно быть не менее 0,8—1 м.

Коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом подключается к петлевому вибратору, имеющему $R_{вх}$=300 Ом, через симметрирующе-согласующее устройство.

Контрольные вопросы

1. Что является основными параметрами антенн?
2. Объясните различие в типах антенн «полуволновый линейный вибратор» и «полуволновый петлевой вибратор».
3. Объясните конструкцию антенны типа «волновой канал».
4. Для чего применяются согласующие и симметрирующие устройства?
5. Объясните назначение элементов КАУ.
6. Объясните действие разделительного фильтра I и III диапазонов.
7. Объясните конструкцию антенны ДЦВ.

Глава 19.

ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

19. 1. Общие сведения

Быстрое развитие радиоэлектроники привело за последние годы к ряду новых достижений в различных ее областях. Одно из таких крупных достижений — это возможность осуществления телевизионных передач в натуральных цветах.

Техника цветного телевидения значительно сложнее черно-белого, однако цветное изображение обладает несравненно большей художественной выразительностью, особенно для передач, в которых цвет очень важен. Это рассказы о живописи, о путешествиях по странам света, о различных спортивных праздниках, фестивалях и т. д.

Кроме того, при цветном телевидении передаваемое изображение получается более отчетливым и разборчивым. Это понятно, так как два соседних изображения, имеющих одинаковую яркость, но разный цвет, на черно-белом экране сольются вместе, а на цветном — видны как отдельные.

К вещательным системам цветного телевидения предъявляются следующие основные требования:

1. Совместимость с вещательной системой черно-белого телевидения. Под этим понимается возможность качественного приема программ цветного телевидения в черно-белом изображении всеми

существующими типами черно-белых телевизоров и возможность приема черно-белых программ цветными телевизорами в черно-белом изображении. При этом никакой перестройки блоков телевизоров не должно быть.

2. Точность воспроизведения цветности деталей передаваемого изображения.

3. Возможность передачи цветного изображения в стандартной полосе частот, равной 8 МГц для черно-белого телевидения.

4. Возможность обмена программами с другими странами.

5. Относительная простота построения блоков цветного телевизора при его надежной работе.

Указанным выше требованиям удовлетворяют действующие в настоящее время три разновидности вещательных систем цветного телевидения: американская система NTSC (National Television System Committee — национальный комитет телевизионной системы); система PAL (Phase Alternation Line — строки с переменной фазой), которая является разновидностью системы NTSC, и система SECAM (Sequence de Couleurs Aver Memoire — последовательная передача цветов с запоминанием).

В СССР принята система SECAM. С октября 1967 г. начались регулярные передачи цветного телевидения. Система разработана советскими учеными совместно с учеными Франции, и, кроме этих двух стран, она принята сейчас для вещания в ГДР, ЧССР, Болгарии, Венгрии, странах Северной Африки. Системы NTSC и PAL распространены в США, Японии, Канаде, ФРГ, Англии и других странах.

19.2. Цвет, цветовой график и принципы построения системы цветного телевидения

В 1666 г. Исаак Ньютон сделал открытие, заключающееся в следующем: если пропустить пучок белого света сквозь стеклянную призму, то в выходящем пучке свет будет представлять собой непрерывный спектр цветов, изменяющихся от фиолетового до красного (рис. 19.1), причем длина волны фиолетового цвета составляет 400—450 нм, а красного — 600—700 нм.

Если смешивать световые потоки разного цвета, то результирующий цвет будет отличаться по цветовому тону от любого из складываемых пучков. Так, например, желтый цвет может быть образован путем смешения красного и зеленого световых потоков;

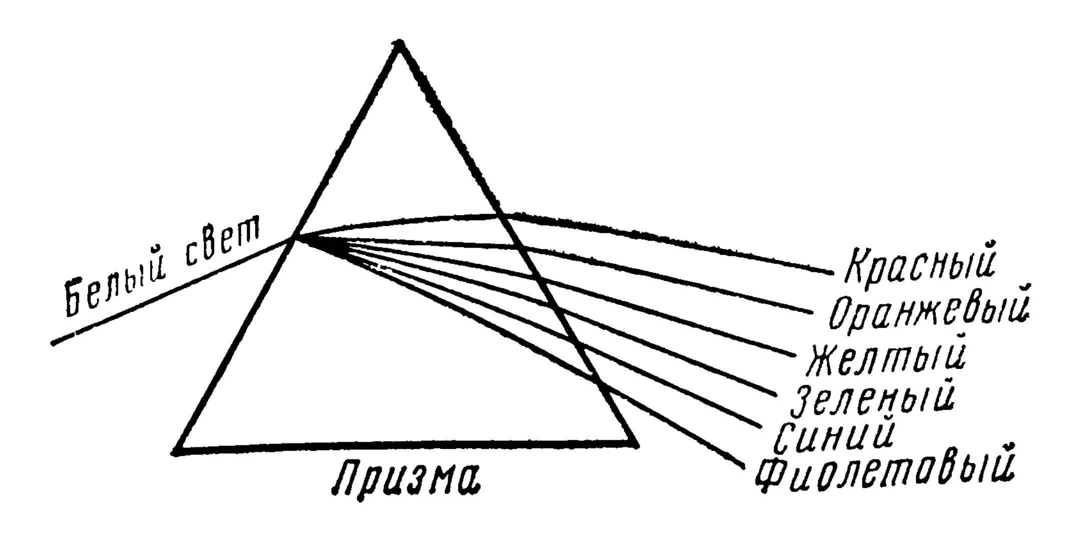


Рис. 19.1. Разложение белого цвета на спектральные цвета при прохождении через спектральную призму

белый — смешением синего, красного и зеленого. Результирующий цвет будет восприниматься глазом как новый тон, так как глаз не в состоянии различать в сложном цвете отдельные составляющие.

Ученые установили, что нормальное человеческое зрение различает до 180 цветовых оттенков, но это не означает, что все они необходимы для передачи цветного изображения, так как глаз обладает свойством трехцветного зрения. Это свойство заключается в том, что при смешивании трех основных цветов: красного, зеленого и синего в определенных пропорциях можно получить любой из наблюдаемых человеком цветовых оттенков, и нет необходимости в передаче всех цветов. Названные три цвета выбраны основными потому, что при их смешении в различных пропорциях можно получить бо́льшую гамму цветов, чем при смешении любых других трех цветов. И, кроме того, ни один из этих цветов нельзя получить при смешении других цветов. Красный цвет получил обозначение у нас и за рубежом буквой R, зеленый — G и синий — B.

Для изучения законов смешения цветов пользуются цветовым графиком рис. 19.2, который показывает, какой длине волны в миллимикронах соответствует данное монохроматическое[1] излучение.

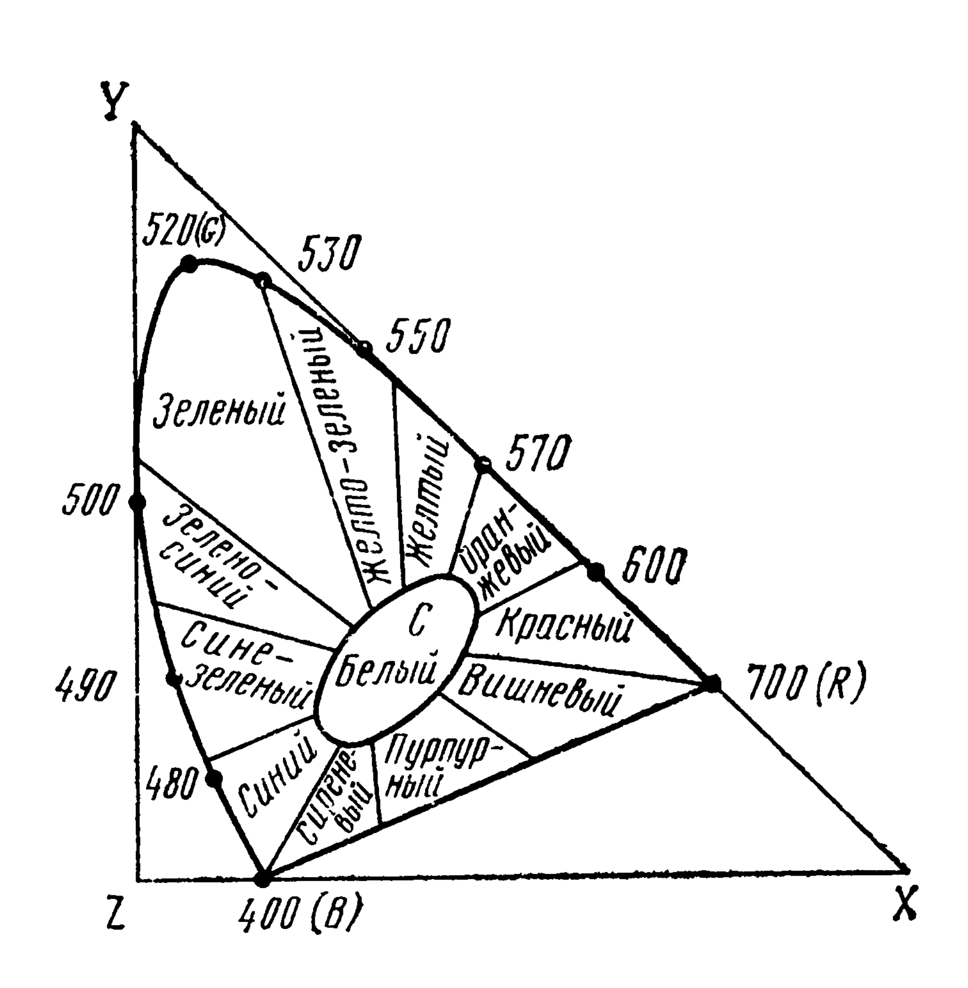


Рис. 19.2. Цветовой график

Фигура, размещенная в треугольнике XYZ, получила название локуса. Вершины локуса RGB соответствуют трем основным цветам, а в центре локуса находится область C, имеющая белый цвет. Любой цвет в локусе получен сложением в определенных пропорциях трех основных цветов и имеет определенные параметры — цветовой тон, насыщенность и яркость. Цветовой тон и насыщенность определяют качество цвета, а яркость является его количественной мерой.

В цветном телевидении для получения цветного изображения используются два способа: одновременный и поочередный. Если одновременно проектировать на экран лучи света от красного, зеленого и синего источников, то образуется фигура из трех частично перекрывающихся кругов (рис. 19.3). В попарно перекрывающихся областях получается желто-оранжевая, сине-зеленая и пурпурная окраска. Сложение всех трех цветов в правильной пропорции дает в центре фигуры белый цвет. Этот способ называется одновременным.

[1]) Монохроматическое (греч.) — одноцветное.

Принцип поочередного сложения цветов состоит в том, что перед источником белого света устанавливается вращающийся диск со светофильтрами. В этом случае на экране получится поочередное сложение цветов, при этом скорость вращения диска должна быть достаточно большой, чтобы на экране не было заметно мельканий.

Если диск имеет два светофильтра — красный и зеленый, то на экране можно получить оранжевый или желтый цвет в зависимости от количественного соотношения красного и зеленого.

Если диск имеет три светофильтра с основными цветами — красным, зеленым и синим, то при правильно выбранной пропорции можно получить на экране белый круг.

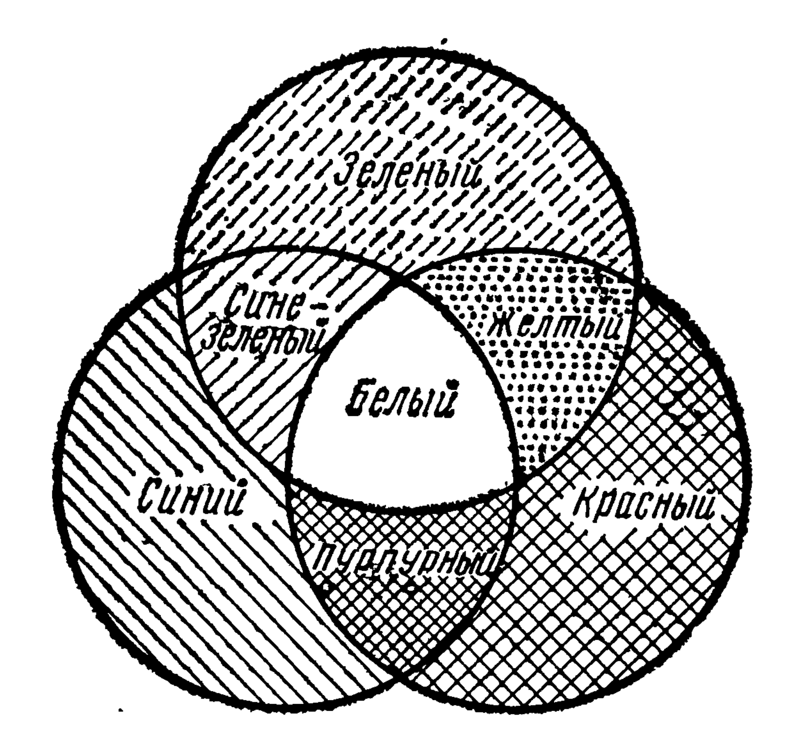


Рис. 19.3. Одновременное смешение первичных цветов

В настоящее время все системы цветного телевидения используют одновременное сложение цветов, так как этот метод оказался более выгодным с технико-экономической точки зрения.

В системе с одновременным сложением цветов лучи света, отраженные от передаваемого изображения, попадают на цветоизбирательные зеркала, которые называются дихроичными: Такое зеркало обладает следующим свойством: оно отражает лучи одного цвета, а пропускает лучи других оставшихся цветов. При использовании нескольких зеркал добиваются того, что на фотокатод каждой из трех передающих трубок попадает только составляющая одного из трех основных цветов — R, G или B.

Видеосигналы этих цветов подаются в модулятор, куда также подаются напряжения поднесущих частот f_R, f_G, f_B. В результате три видеосигнала оказываются разнесенными по оси частот, как показано на рис. 19.4. Если спектр каждого цветного сигнала бу-

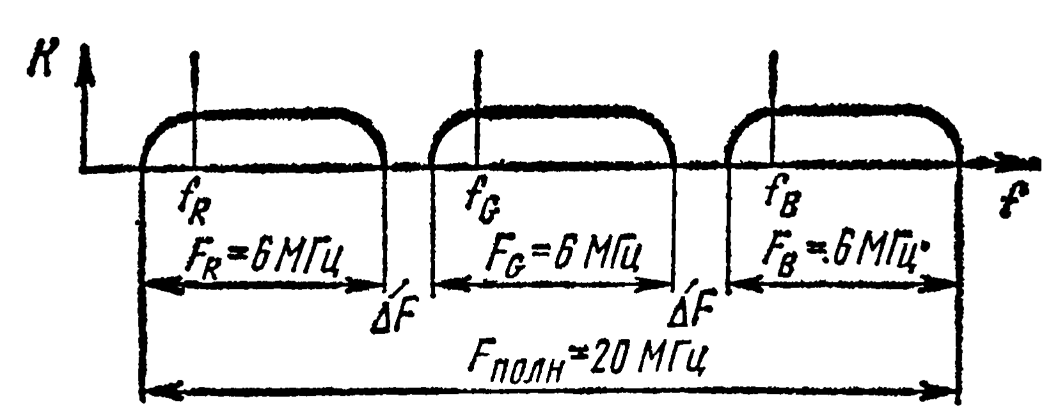


Рис. 19.4. Спектр частот одновременной системы

дет равен 6 МГц, то ширина полного спектра частот составит 20 МГц, что делает эту систему по данному признаку несовместимой с системой черно-белого телевидения.

В настоящее время найдены технические методы, которые позволили сократить полосу передаваемых частот до стандартной при сохранении высокого качества принимаемого изображения.

В приемном устройстве такой системы после выделения трех

видеосигналов они должны подаваться на управляющие электроды трех проекционных кинескопов.

Люминофоры этих кинескопов таковы, что они светятся только одним из трех основных цветов. При помощи проекционных объективов свет с экранов кинескопов проецируется на большой экран, где и происходит одновременное сложение цветов.

Как видно из изложенного, в системе с одновременным сложением цветов телевизионная камера должна иметь три передающие трубки с необходимым оборудованием для каждой из них и телевизор тоже должен содержать три кинескопа; это делает систему громоздкой, дорогой и неудобной для телезрителя.

Поэтому в современных системах с одновременным сложением цветов три трубки используются только на телецентре, а в телевизорах используется один специальный трехцветный кинескоп.

19.3. Цветной кинескоп

Устройство цветного кинескопа показано на рис. 19.5*а*. В кинескопе экран выполнен в виде мозаики, которая состоит из сотен тысяч катодолюминофоров трех типов: «красного», «зеленого» и «синего». Это значит, что под действием электронного луча данный

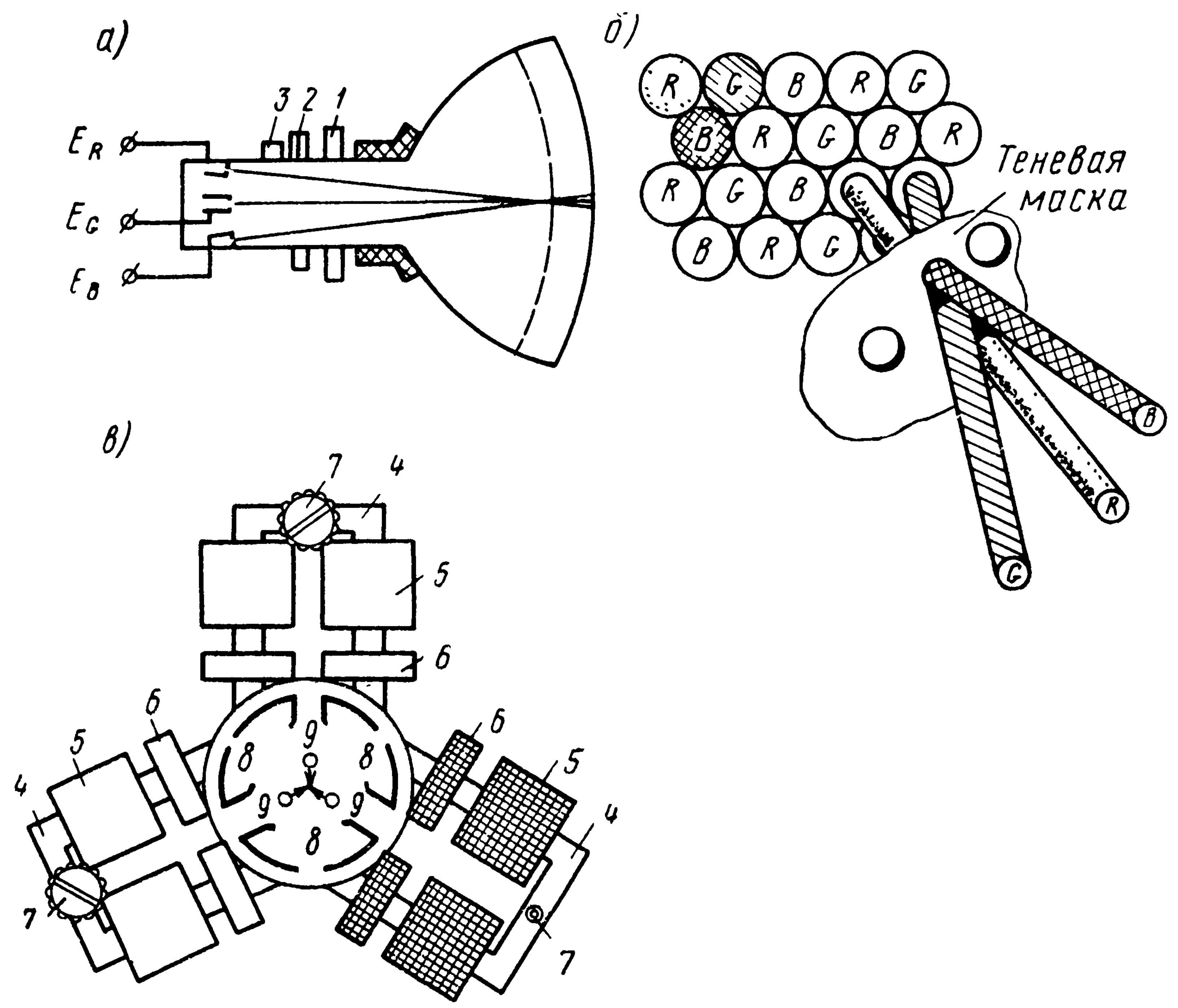


Рис. 19.5. Устройство трехцветного кинескопа:
а) схематическое изображение кинескопа; *б)* люминофорные триады и теневая маска; *в)* система динамического и статического сведения лучей

катодолюминофор дает свечение соответствующего цвета. Точечные катодолюминофоры образуют группы из трех точек *R, G, B*, которые систематически повторяются по направлению вдоль строки, а в следующей строке катодолюминофоры располагаются в другой последовательности так, что они образуют треугольники, состоящие из трех различных цветов (люминофорные триоды) (рис. 19.5*б*).

В соответствии с таким экраном в кинескопе имеются три отдельных электронных прожектора, каждый из которых предназначен для возбуждения люминофора определенного цвета. Для того чтобы каждый из электронных лучей, достигая экрана, попадал только на свои точки люминофора, на некотором расстоянии от экрана расположена теневая маска (рис. 19.5*б*). Маска представляет собой тонкий металлический лист сферической формы толщиной 0,15 мм с многочисленными отверстиями для прохождения электронных лучей. Количество отверстий соответствует числу люминофорных триад, а расположение отверстий таково, что каждый из трех электронных лучей, которые проходят под различными углами, возбуждает в процессе развертки только свой катодолюминофор. Например, электронный луч, который модулируется сигналами красного, возбуждает только «красный» катодолюминофор, электронный луч синего — только синий, а электронный луч зеленого — только зеленый.

Интенсивность этих лучей управляется взаимонезависимо подачей соответствующих напряжений E_R, E_G, E_B на управляющие электроды кинескопа, при этом развертка по строкам и кадрам производится одновременно одной общей для всех лучей отклоняющей системой.

При одновременной бомбардировке люминофоров одной триады электронными лучами трех прожекторов цвета смешиваются, а результирующий цвет зависит от энергии каждого из лучей.

Так, например, если передается желтый цвет, то его можно получить на приемном конце за счет сложения красного и зеленого, а синий цвет здесь должен иметь незначительную энергию, поэтому в таком случае энергия синего луча будет слабой, а энергия красного и зеленого лучей большей, что и даст на экране желтый цвет.

Если увеличится энергия, например, красного луча, то экран «покраснеет» и т. д. При соблюдении же определенных соотношений в энергиях лучей можно получить белый цвет свечения.

Если к такому кинескопу подвести три цветных сигнала, то любой луч, вне зависимости от двух других, будет создавать изображение в первичном цвете. Эти первичные изображения совмещаются и в зависимости от их соотношения на экране получится либо цветное, либо черно-белое изображение.

Правильное воспроизведение цветов во многом определяется наличием в кинескопе маски, поэтому разберем ее действие подробней.

Электронная оптика трехцветного кинескопа устроена так, что-

бы обеспечить сходимость всех трех лучей в общей точке на поверхности маски. В результате под действием разверток электронные лучи будут последовательно проникать через все отверстия маски, одновременно возбуждая три точечных катодолюминофора, находящихся непосредственно за каждым отверстием маски. Если бы маски не было, то каждый из лучей, двигаясь по строкам и кадрам, возбуждал бы, кроме «своих» точек, и точки других цветов, в результате чего цвета воспроизводились бы не точно.

Несмотря на большую точность, соблюдаемую на всех операциях изготовления цветного кинескопа, практически невозможно изготовить кинескоп так, чтобы все три луча сошлись в одном отверстии маски и, разойдясь, попали каждый на свой катодолюминофор. Поэтому, подобно тому, как на кинескопе черно-белого телевидения устанавливаются магниты центровки изображения, на горловине цветного кинескопа устанавливается целая система корректирующих магнитов (*1, 2, 3*), служащих для обеспечения сходимости лучей на всей поверхности маски *1*, магнитов чистоты цвета *2* и дополнительного магнита перемещения синего луча *3* (рис. 19.5*а*).

Конструкция электромагнитов сведения лучей *1* показана на рис. 19.5*в*. На три П-образных сердечника *4* одеваются кадровые *5* и строчные *6* катушки сведения лучей. В эти катушки от специального узла схемы телевизора поступают токи кадровой и строчной частоты, имеющие параболическую форму. Кроме того, в соответствующие гнезда сердечников вставляются постоянные магниты *7*, намагниченные по диаметру. Направления силовых линий переменных и постоянных магнитных полей внутри полюсных наконечников *8* оказываются такими, что электронные лучи *9* получают дополнительное отклонение по радиусу горловины трубки. Поворотом постоянных магнитов добиваются сведения лучей в одну точку в центре экрана (статическое сведение), но по краям экрана лучи опять расходятся. Регулируя амплитуду параболических токов строчной и кадровой частоты, добиваются сведения лучей и на краях магнита (динамическое сведение).

Магнит *3* перемещения синего луча по горизонтали служит для более точного сведения всех трех лучей. Магниты чистоты цвета *2* устраняют возможность попадания электронных лучей на «чужие» катодолюминофоры. Например, «красного» луча на «синий» или «зеленый» и т. д.

К недостаткам цветного кинескопа относятся значительно бо́льшая мощность каждого электронного луча по сравнению с лучом в черно-белом кинескопе, так как маска бесполезно задерживает значительную часть электронов, а для получения достаточного свечения люминофора требуется увеличивать мощность лучей в несколько раз.

Если в черно-белом кинескопе ток луча равен 100 мкА и напряжение на втором аноде — 16 кВ, то в цветном кинескопе с таким же размером экрана ток луча должен быть 600 мкА, а напряжение — порядка 25 кВ.

19.4. Сигналы цветного телевидения и сокращение полосы частот цветного телевидения

Как было установлено в § 19.2, в системе с одновременным сложением цветов на телецентре образуются три видеосигнала, каждый из которых несет информацию об определенном цвете изображения, при этом в видеосигналах нет составляющей, которая несла бы информацию, соответствующую черно-белому изображению. Это значит, что черно-белый телевизор не сможет принимать изображение, т. е. не будет обеспечена совместимость черно-белого телевидения с цветным.

Отсюда следует, что телецентр наряду с сигналами цветности должен излучать еще сигнал, который соответствует черно-белому изображению. Этот сигнал называют сигналом яркости, так как отдельные участки черно-белого изображения отличаются только яркостью. Сигнал яркости, который обозначается буквой Y, можно получить сложением сигналов трех основных цветов — R, G и B, но так как глаз имеет неодинаковую чувствительность к различным цветам (см. § 1.2), то три напряжения, входящие в сигнал яркости, не равны между собой.

Многочисленные эксперименты показали, что для правильного воспроизведения яркости тремя основными цветами их сумма должна содержать 30% красного, 59% зеленого и 11% синего сигнала, т. е. $E_Y = 0{,}3E_R + 0{,}59E_G + 0{,}11E_B$. Это значит, что если смешать именно в такой пропорции сигналы цветности, то получится яркостный сигнал E_Y, как в черно-белом телевидении; такой сигнал даст на экране обычного телевизора черно-белое изображение.

Для того чтобы введение в систему цветного телевидения сигнала яркости не увеличило полный спектр частот, один из трех цветных сигналов (E_R или E_G или E_B) исключается из передачи и на месте приема, кроме сигнала яркости E_Y, имеются только два цветовых сигнала, например E_R и E_B, а необходимый третий цветовой сигнал E_G можно получить с помощью специальной схемы (матрицы). Это можно подтвердить и следующим уравнением:

$$E_G = \frac{1}{0{,}59}(E_Y - 0{,}11\ E_B - 0{,}3\ E_R).$$

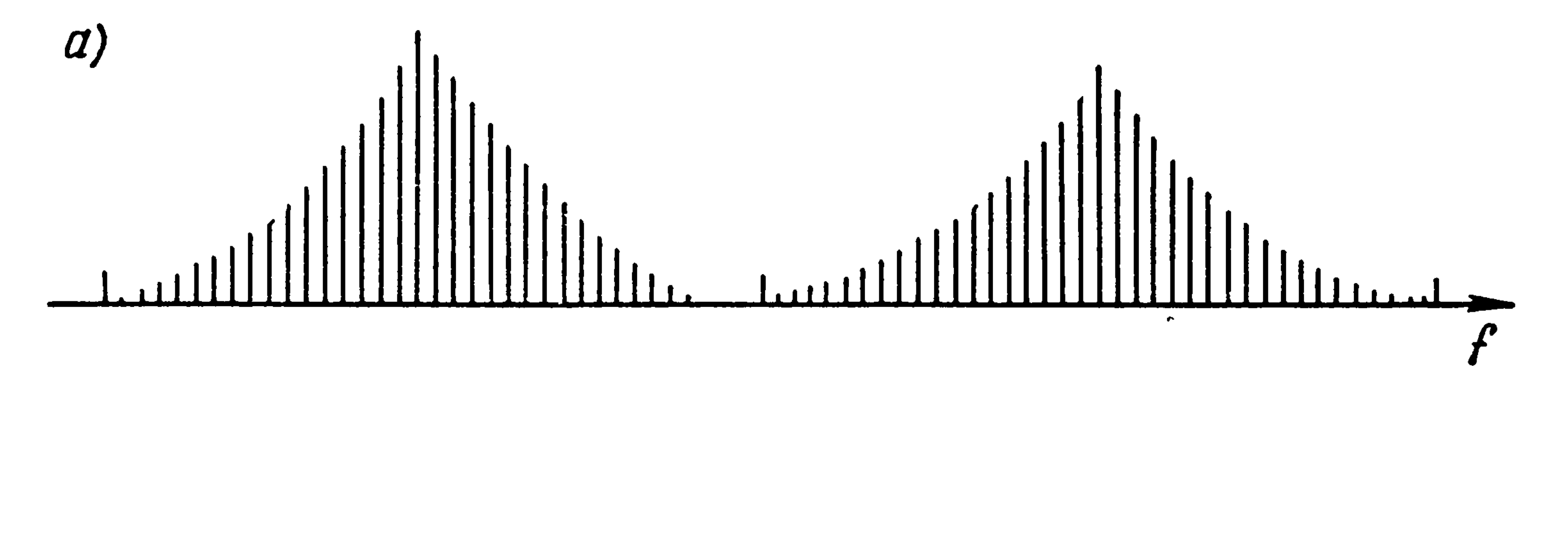
Однако такая система хотя и является совместимой, все-таки занимает широкую полосу частот. Сократить ее можно, так как нет необходимости передавать мелкие детали в цвете. Дело в том, что с уменьшением размеров наблюдаемых цветных деталей их видимая цветовая насыщенность становится меньше и они теряют свою различимость. Это значит, что мелкие цветные детали можно передавать при помощи только одного сигнала, подобного сигналу черно-белого телевидения. В трех цветах необходимо передавать лишь крупные детали, при рассмотрении которых сохраняется впечатление цветности.

Из общей теории телевидения известно, что мелким деталям изображения соответствуют высокие видеочастоты, а крупным —

низкие. Опытным путем установлено, что для передачи цветных деталей изображения достаточна полоса частот около 1,5 МГц. Более мелкие цветные детали, которым соответствуют частоты свыше 1,5 МГц, можно передавать при помощи черно-белого (яркостного) сигнала.

Такое ограничение спектров «синего» и «красного» сигналов, а также отсутствие в передаваемом сигнале «зеленого» спектра позволяет сократить полосу частот с 20 до 9 МГц.

Дальнейшее сокращение полосы оказалось возможным благодаря особой природе телевизионного сигнала. При исследовании структуры черно-белого телевизионного сигнала было замечено, а впоследствии подтверждено математически, что энергия телевизионного сигнала распределяется по частотному спектру не непрерывно, а отдельными участками (дискретно) (рис. 19.6*а*). Незаполненные места частотного спектра между отдельными участками



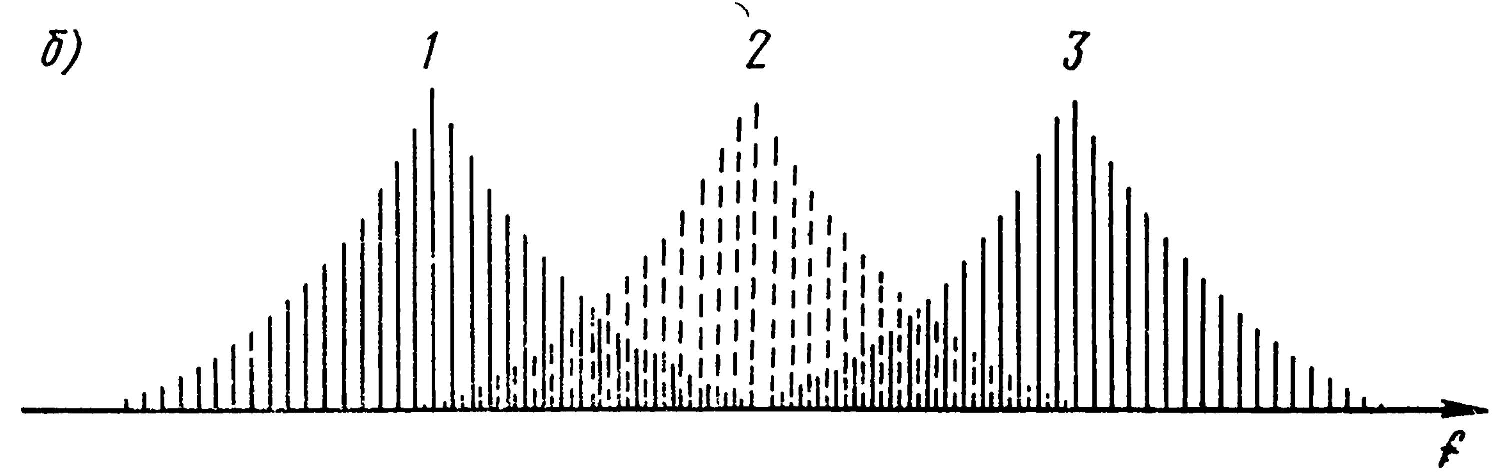


Рис. 19.6. Сокращение полосы частот цветного телевидения: *а)* частотный спектр черно-белого сигнала; *б)* переплетение спектров яркостного и цветного сигналов

и используются для передачи сигналов цветности. Таким образом, уплотнение спектра осуществляется за счет «переплетения» спектров сигнала яркости *1* и цветовых сигналов *2* (рис. 19.6*б*). Осуществляется это путем частотной модуляции сигналами цветности двух поднесущих частот: f_1 и f_2; $f_1=4{,}25$ МГц является поднесущей красного, а $f_2=4{,}406$ МГц — поднесущей синего цвета.

Поднесущие частоты расположены внутри частотного спектра яркостного сигнала (рис. 19.7). Эта операция осуществляется в кодирующем устройстве, которое находится в передающей аппаратуре на телецентре.

Такой сигнал цветного телевидения может быть принят обычным черно-белым телевизором, на экране которого будет воспроиз-

ведено изображение в черно-белом виде. Цветовые сигналы, находящиеся внутри спектра яркостного сигнала, не должны быть видны на экране кинескопа, для чего применяются специальные меры.

Во всех современных системах такой мерой является замена в полном сигнале цветного телевидения цветных сигналов E_R и E_B цветоразностными сигналами $E_R—E_Y$ и $E_B—E_Y$. Эти сигналы соз-

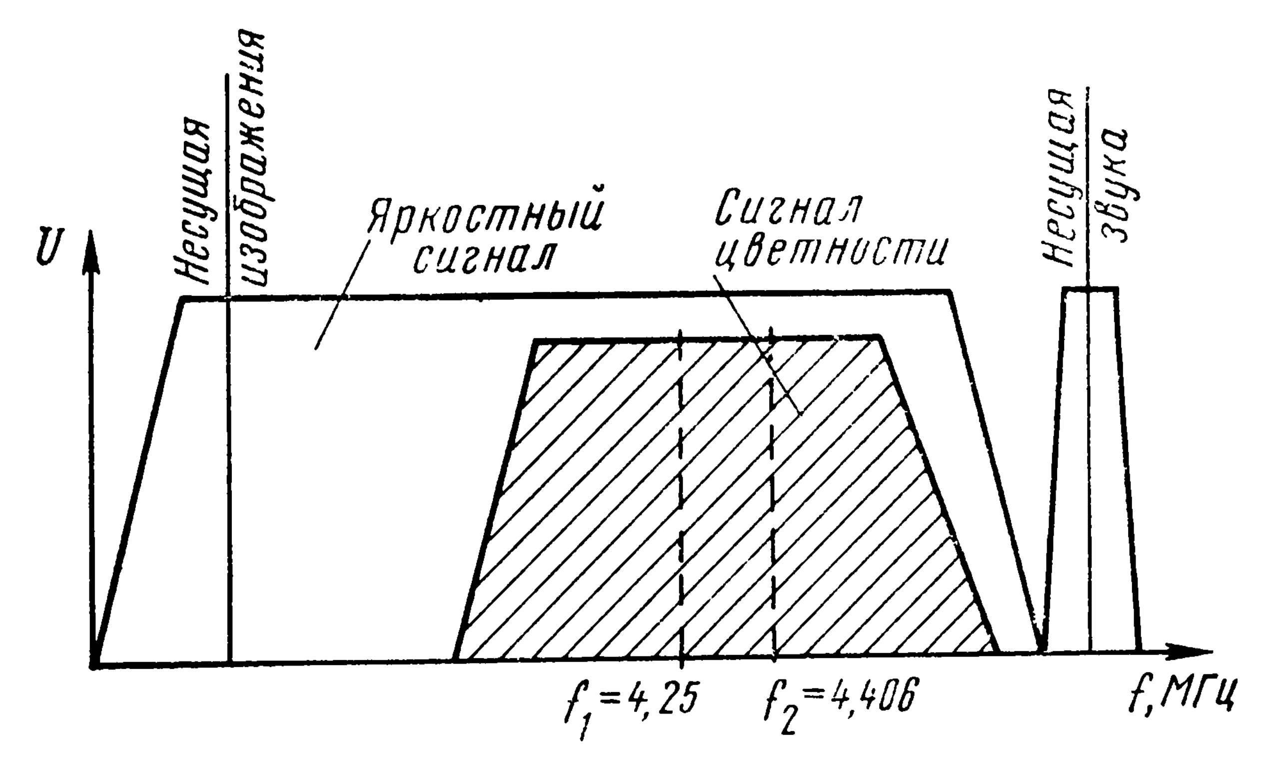


Рис. 19.7. Расположение сигналов яркости и цветности в системе SECAM

даются в соответствующих матричных схемах на телецентре путем вычитания сигнала яркости из цветового сигнала.

Главной особенностью цветоразностных сигналов является то, что на белых и серых местах изображения они равны, а следовательно, не будет помех от сигналов цветности на экране черно-белого телевизора. Передающие цветные телевизионные каналы настраиваются так, чтобы при передаче неокрашенных мест изображения постоянно обеспечивалось равенство сигналов $E_Y=E_R=$ $=E_G=E_B$, а отсюда следует и равенство нулю сигналов E_{R-Y} и E_{B-Y}.

В цветном телевизоре имеются соответствующие матричные схемы, которые из трех сигналов — E_Y, $E_R—E_Y$ и $E_B—E_Y$ — формируют три основных цветовых сигнала — E_R, E_G и E_B.

19. 5. Совместимые системы цветного телевидения NTSC и PAL

В системе NTSC для обоих цветоразностных сигналов используется одна поднесущая частота. Оба сигнала цветности E_{R-Y} и E_{B-Y} модулируют одну и ту же поднесущую, но фазы этой поднесущей, подаваемые на модуляторы $R—Y$ и $B—Y$, сдвинуты на 90° (квадратурная модуляция).

Модуляторы имеют балансную схему, в которой поднесущая подавляется. Этим устраняется ее мешающее действие на черно-белое изображение.

В приемнике цветного телевидения эта поднесущая должна быть восстановлена, для чего необходим генератор, работающий

на частоте поднесущей. Но при этом в заново восстановленной несущей должно быть сохранено такое же соотношение фаз, которое было у нее на телецентре при осуществлении модуляции двумя цветоразностными сигналами.

Для передачи информации о частоте и фазе подавленной цветовой поднесущей вместе с сигналом передается «вспышка» цветовой поднесущей. Эта вспышка следует за каждым строчным синхронизирующим импульсом и располагается на задней площадке каждого гасящего импульса (рис. 19.8). Вспышка содержит не меньше восьми периодов поднесущей и находится в фазе с цветовой поднесущей частотой, используемой на телецентре. Эта вспышка синхронизирует по частоте и фазе генератор поднесущей частоты.

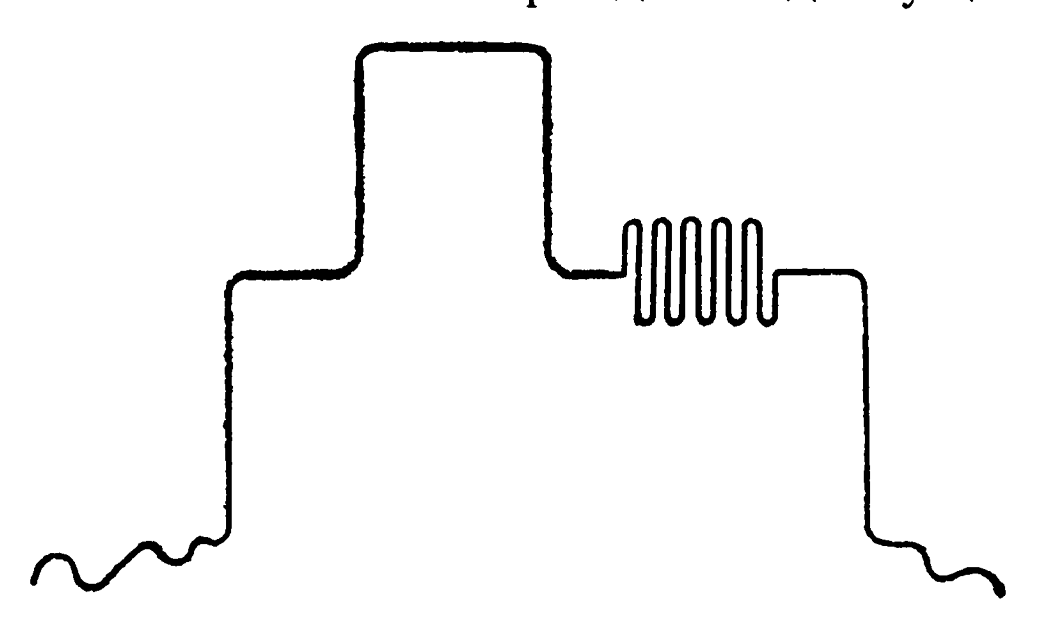


Рис. 19.8. Структура строчного импульса в системе цветного телевидения

Расположение вспышки цветовой поднесущей на задней площадке строчного гасящего импульса делает ее невидимой на экранах как цветных, так и черно-белых телевизоров, так как это соответствует обратному ходу луча, когда кинескоп закрыт.

Принцип действия системы PAL заключается в следующем: сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} модулируют поднесущую методом квадратурной модуляции, но фаза поднесущей, которая предназначена для передачи сигнала E_{R-Y}, меняется от строки к строке на 180°. Это отличает систему BAL от системы NTSC и уменьшает фазовые искажения.

Кроме того, в телевизионных приемниках этой системы имеется линия задержки сигнала на время, равное длительности одной строки ($l_{стр}=64$ мкс). При этом предполагается, что сигналы двух соседних строк практически не отличаются друг от друга. При сложении двух напряжений напряжение на входе линии задержки с таким же напряжением обратной полярности на ее выходе устраняет фазовые ошибки.

19.6. Система цветного телевидения SECAM

Система SECAM представляет собой систему, которая использует последовательную передачу цветов с запоминанием строк.

Отличие этой системы от систем NTSC и PAL заключается в том, что здесь используется не амплитудно-фазовая модуляция, а более выгодная частотная модуляция. В системе SECAM вместо одновременной передачи цветоразностных сигналов ($R—Y$ и $B—Y$) осуществляется поочередная их передача через строку. При этом

количество строк в кадре для цветного изображения в два раза уменьшается, что соответствует увеличению размеров окрашенных деталей. Снижения четкости всего изображения при этом не произойдет, поскольку мелкие детали воспроизводятся яркостным сигналом Y, переданным с полным числом строк разложения. Передается общий яркостный сигнал в полном соответствии со стандартом на черно-белое телевидение.

Структурная схема передающего устройства, работающего по системе SECAM, показана на рис. 19.9.

С выхода передающих камер три сигнала — красный, синий и зеленый (R, G и B) поступают в кодирующую матрицу, в которой

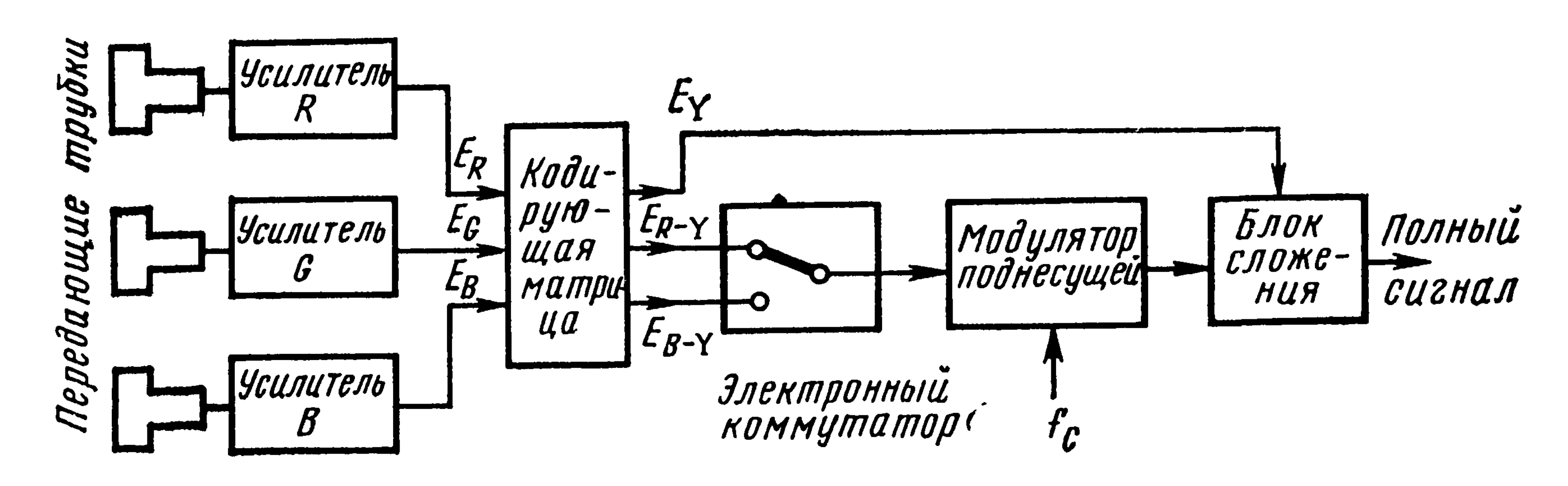


Рис. 19.9. Структурная схема передающего устройства системы SECAM

эти сигналы преобразуются в яркостный Y и два цветоразностных сигнала $R—Y$ и $B—Y$. Дальнейшее преобразование и передача цветного телевизионного сигнала являются характерными только для системы SECAM. Цветоразностные сигналы поступают на электронный коммутатор, который по очереди пропускает их ко входу модулятора поднесущей: в течение одной строки проходит сигнал $R—Y$, а затем сигнал $B—Y$, потом опять $R—Y$ и т. д. В модуляторе осуществляется частотная модуляция поднесущей частоты то одним, то другим цветоразностным сигналом.

Промодулированная цветовая поднесущая через ряд устройств поступает в блок сложения, где смешивается с яркостным сигналом Y.

Полный телевизионный сигнал с выхода блока сложения подается на обычный телевизионный передатчик.

На рис. 19.10 показана форма полного телевизионного сигнала при передаче цветных изображений.

В телевизионных приемниках системы SECAM тоже имеется линия задержки сигнала на одну строку с временем задержки, равным 4 мс.

При воспроизведении цветного изображения каждый сигнал цветности используется дважды: один раз он берется со входа линии задержки, а другой раз с ее выхода (рис. 19.11).

Благодаря тому что сигналы цветности передаются поочередно через одну строку и линия задерживает сигнал тоже на время, равное передаче одной строки, то сигналы цветности на входе и

выходе линии оказываются разными (рис. 19.11). Это значит, что если на входе линии имеется сигнал E_{R-Y}, то на ее выходе будет сигнал E_{B-Y}, т. е. линия позволяет всегда иметь оба сигнала цветности. Третий сигнал цветности E_{G-Y} можно получить в соответствующей схеме (матрице). Как следует из рис. 19.11, цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} периодически меняются местами на

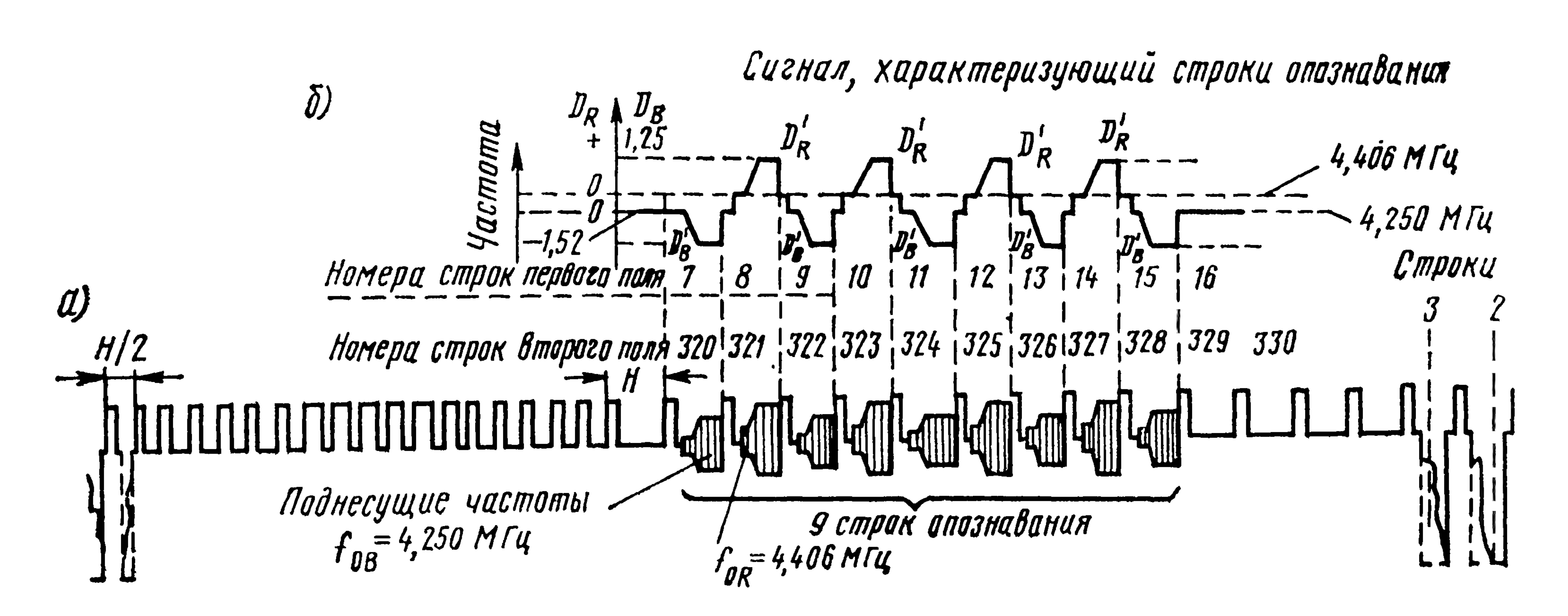


Рис. 19.10. Форма полного телевизионного сигнала при передаче цветных изображений

входе и выходе линии задержки, это усложняет процесс выделения в матрице третьего цветоразностного сигнала. Поэтому возникает необходимость переключать входы матрицы так, чтобы на ее одном входе всегда был сигнал E_{R-Y}, а на другом — E_{B-Y}. Для этой цели в телевизоре имеется специальный электронный коммутатор.

Для синхронизации коммутаторов приемного и передающего устройств в системе SECAM предусмотрены сигналы опознавания

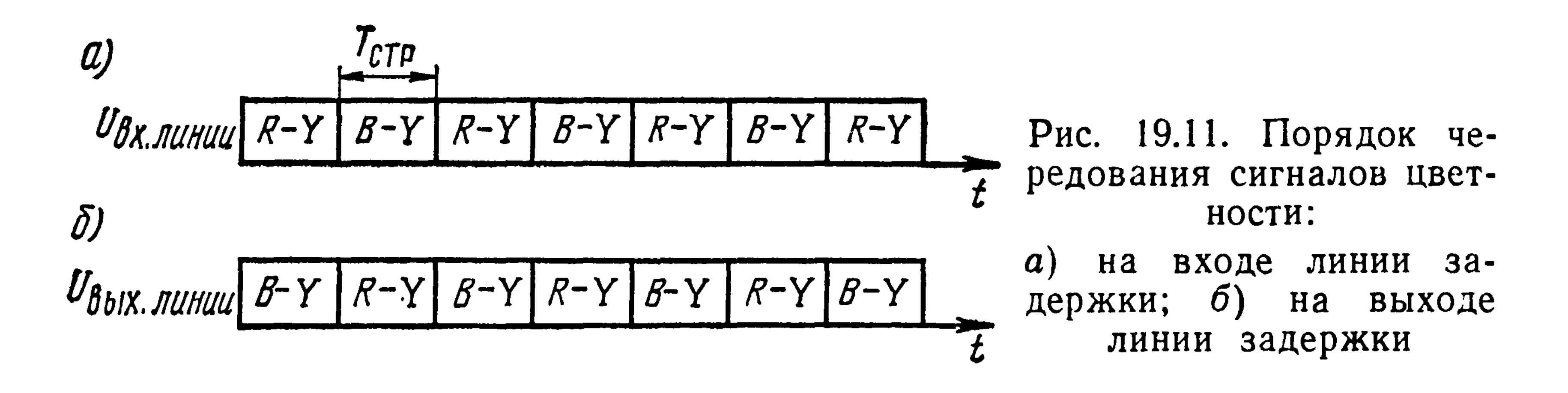


Рис. 19.11. Порядок чередования сигналов цветности:

а) на входе линии задержки; *б*) на выходе линии задержки

строк. Они передаются в течение девяти строк во время обратного хода по кадрам, а именно: на строках 7—15 — первого поля, на строках 320—328 — второго поля.

Сигналы опознавания представляют собой пакеты цветовой поднесущей, модулированной по частоте по тому же закону, что и цветоразностные сигналы, усеченным пилообразным сигналом, точная форма которого показана на рис. 19.12*б*.

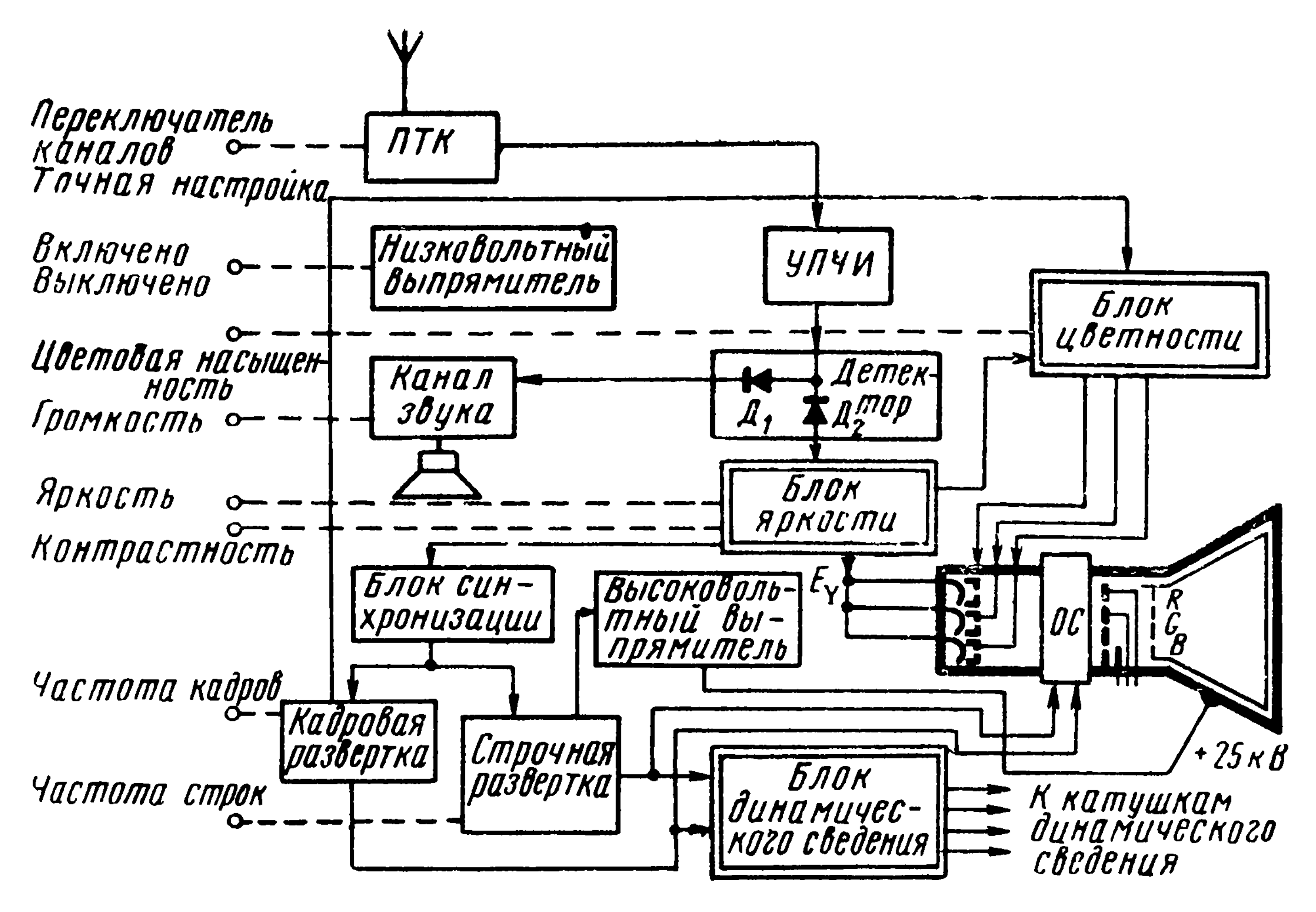


Рис. 19.12. Функциональная схема цветного телевизора

19. 7. Функциональная схема цветного телевизионного приемника

Условия совместимости значительно упрощают конструирование цветного телевизора, так как в нем используется целый ряд блоков, идентичных по схеме с блоками черно-белого телевизора.

На рис. 19. 12 показана функциональная схема цветного телевизора. В ней блоки, совершенно одинаковые с применяемыми в телевизорах черно-белого изображения, обведены одной линией, а присущие только цветному телевизору — двумя.

Сигнал из антенны поступает на высокочастотный блок, где несущие частоты изображения и звука преобразуются в промежуточные частоты 31,5 и 38,0 МГц. С выхода высокочастотного блока сигналы промежуточных частот подаются на УПЧИ, где происходит одновременное усиление несущих промежуточных частот сигналов изображения и звука. С УПЧИ сигнал поступает на два детектора $Д_1$ и $Д_2$, один из которых используется для выделения сигнала яркости и сигналов цветности, а другой — сигнала разностной частоты 6,5 МГц канала звука.

Применение раздельных детекторов позволяет удовлетворить взаимно противоречивым требованиям, которые предъявляются к уровню разностной частоты 6,5 МГц в блоке яркости и в канале звука. Дело в том, что в блоке яркости разностная частота является паразитным сигналом, поскольку она создает биения с цветовыми поднесущими, имеющими частоты 4,25 и 4,406 МГц. Для устранения помех, создаваемых этими сигналами, уровень разностной частоты 6,5 МГц на выходе видеодетектора должен быть уменьшен на 40 дБ. В канале же звукового сопровождения разностная частота используется для выделения звука и ее уровень

должен быть уменьшен по отношению к уровню промежуточной частоты изображения до 16—18 дБ.

В блоке яркости видеосигнал (сигнал E_Y) усиливается до величины, необходимой для модуляции кинескопа и выделения из него цветовых поднесущих. Цветовые поднесущие поступают в блок цветности, яркостный сигнал — на катоды кинескопов, а сигналы синхронизации — в блок синхронизации. Назначение блоков синхронизации, а также блоков разверток такое же, как и в черно-белом телевизоре.

С выходного каскада кадровой и строчной разверток снимаются напряжения на блок динамического сведения. В нем напряжением развертки придается параболическая форма, необходимая для катушек сведения.

Регулировка схемы сведения устанавливает требуемые величины токов в этих катушках и изменяет их фазовые соотношения таким образом, чтобы при отклонении все три луча в любой точке экрана попадали на «свой» катодолюминофор.

В блоке цветности из видеосигнала выделяют сигналы, в которых содержится информация о цвете передаваемого изображения, т. е. цветоразностные сигналы. Эти сигналы усиливаются, задерживаются в определенной последовательности и преобразовываются (декодируются) в три одновременно существующих напряжения, каждое из которых изменяется в соответствии с величиной красного, зеленого и синего цветов в передаваемом изображении, после чего они подаются на модуляторы кинескопа. При воспроизведении цветного изображения цветоразностные сигналы, поданные на модуляторы кинескопа, складываются с яркостным сигналом, поданным на катоды кинескопа, и образуют на экране цветное изображение.

В блоке цветности имеется устройство «опознавания цвета», необходимое для осуществления цветовой синхронизации при приеме цветного телевидения и автоматического отключения канала цветности при передаче черно-белых изображений.

Из функциональной схемы видно, что блоки, которые относятся только к приему цветных изображений, не входят непосредственно в канал, через который сигнал изображения проходит из антенны на катоды кинескопа, поэтому при отсутствии сигналов цветного телевидения на катод кинескопа поступает сигнал, несущий информацию о черно-белом передаваемом изображении, т. е. сигнал E_Y.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается принцип поочередного сложения цветов? Достоинство и недостатки этого способа.
2. В чем заключается способ одновременного сложения цветов, его достоинства и недостатки.
3. Объясните устройство цветного кинескопа.
4. Чем достигается сокращение полосы частот цветного телевидения?
5. В чем преимущество системы SECAM?

Список литературы

1. **Шмаков П. В.** (ред.). Телевидение. М., «Связь», 1970. 539 с.
2. **Самойлов В. Ф.** Генераторы телевизионной развертки. М., «Связь», 1966. 353 с.
3. **Нейман В. Е., Певзнер И. М.** Новое в технике приема телевидения. Л., «Энергия», 1964. 316 с.
4. **Халфин А. М.** Телевизионная техника. Л., «Энергия», 1971. 232 с.
5. **Колин К. Т., Аксентов Ю. В., Колпенская Е. Ю.** Основы телевидения. М., «Связь», 1967. 448 с.
6. **Ельяшкевич С. А., Кишиневский С. Э.** Приемники цветного телевидения. М., «Связь», 1969. 205 с.
7. **Товерс Т. А.** Транзисторные телевизоры. М., «Связь», 1966. 212 с.
8. **Игнатьев Н. К.** Телевидение. М., «Связь», 1958. 231 с.
9. **Ельяшкевич С. А.** Отыскание неисправностей и настройка телевизоров. М., «Энергия», 1968. 336 с.
10. **Казиник Л. М., Макеев Г. М., Сафрошин Н. А.** Основы телевидения. М., «Высшая школа», 1973. 192 с.
11. **Бриллиантов Д. П.** Расчет и конструирование портативных транзисторных телевизоров. М., «Связь», 1971. 310 с.
12. **Самойлов В. Ф., Хромой Б. П.** Система цветного телевидения SECAM. М., «Связь», 1967. 72 с.
13. **Крючков А. А.** Конструирование транзисторных любительских телевизоров. М., «Энергия», 1972. 104 с.
14. **Ельяшкевич С. А.** Телевизоры (справочник). М., «Энергия, 1971. 288 с.
15. **Андреева А. Г.** Строчная развертка телевизионного приемника на транзисторах. М., «Связь», 1966. 39 с.
16. **Баскир И. Н., Костиков В. Ф.** Автоматические регулировки в телевизорах. М., «Связь», 1970. 69 с.
17. **Баскир И. Н., Кузьминская В. И.** Кадровые развертки в транзисторных телевизорах. М., «Связь», 1971. 136 с.
18. **Бернштейн А. С.** Как работает кинескоп. М., «Энергия», 1973. 56 с.
19. **Ломозова Н. З., Сорокина Г. М.** Прием телевидения в дециметровом диапазоне волн. М., «Связь», 1971. 80 с.
20. **Громов Н. В., Тарасов В. С.** Телевизоры. Л., Лениздат, 1971. 495 с.
21. **Фельдман Л. Д.** Телевизионный прием. М., «Энергия», 1971. 248 с.
22. **Тихомиров В. С.** Синхронизация и развертки в транзисторном телевизоре. М., «Энергия», 1970. 128 с.
23. **Андреева А. Г.** Блок строчной развертки телевизионного приемника. М., «Связь», 1964. 70 с.
24. **Изюмов Н., Тихонов Б.** Кадровая развертка с высокой линейностью.— «Радио», 1969, № 11, с. 32—33.
25. **Дризе Е. М.** Строчная развертка на полупроводниковых приборах. М., «Энергия», 1968. 32 с.
26. **Загик С. Е., Капчинский Л. М.** Приемные телевизионные антенны. М., «Энергия», 1958. 125 с.
27. **Фельдман Л. Д.** Как работает телевизор. Л., «Энергия», 1964. 168 с.
28. **Шендерович А. М.** Усиление сигналов звукового сопровождения в телевизионных приемниках. М., «Связь», 1965. 79 с.
29. **Маркус П.** Практика телевизионного приема. М., «Связь», 1964. 300 с.
30. **Айсберг Е., Дури Ж. П.** Цветное телевидение? Это почти просто. М., «Энергия», 1969. 120 с.
31. **Самойлов В. Ф.** Синхронизация генераторов телевизионной развертки. Л., «Энергия», 1961. 96 с.
32. **Шумихин Ю. А.**, Телевизионный сигнал. М., «Энергия», 1968. 72 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 8. Выходная ступень вертикального отклонения

Глава 9. Выходная ступень горизонтального отклонения

Глава 10. Синхронизация генераторов развертки

Глава 11. Телевизионная испытательная таблица

Глава 12. Усилители видеосигналов

Глава 13. Детектирование телевизионных сигналов

Глава 14. Усилители промежуточной частоты канала изображения

Глава 15. Высокочастотный блок телевизионного приемника

Глава 16. Канал звукового сопровождения телевизионного приемника

Глава 17. Автоматические регулировки в телевизорах

Глава 18. Приемные телевизионные антенны

Глава 19. Цветное телевидение

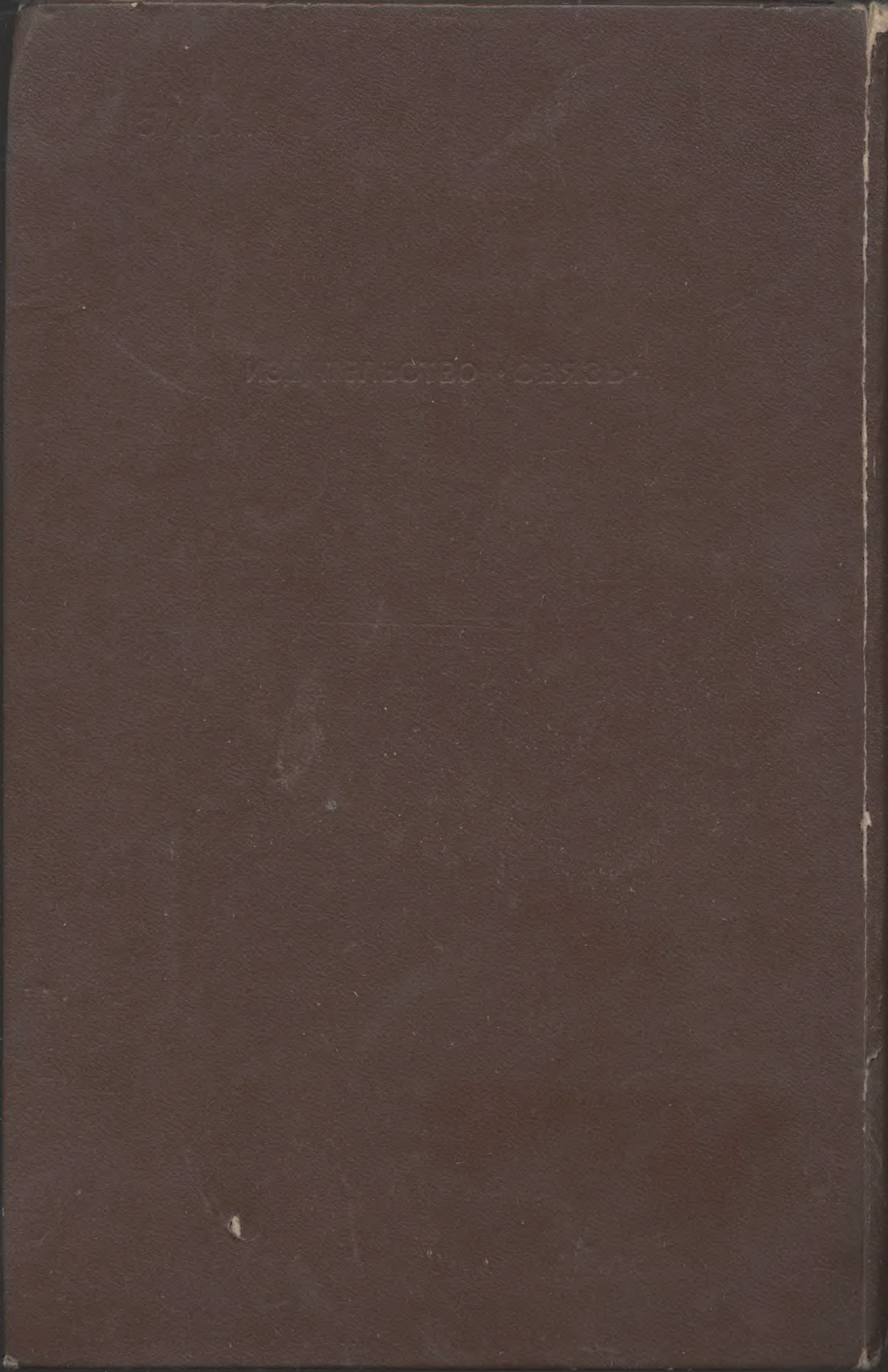
Серафима Львовна Фурман

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Ответственный редактор *Р. Е. Старосельский*
Редактор *В. А. Лазарева*
Обл. художника *Ю. Н. Зеленкова*
Технический редактор *К. Г. Марков*
Корректор *Л. И. Чекрыжева*

Сдано в набор 24/II 1975 г. Подп. в печ. 1/VII 1975 г.
Т-08463. Формат 60×90 1/16. Бумага типографская № 2. 16,5 усл.-печ. л. 17,79 уч.-изд. л.
Тираж 40 000 экз. Изд. № 15715. Зак. № 252. Цена 57 коп.
Издательство «Связь». Москва 101 000, Чистопрудный бульвар, д. 2

Тульская типография Союзполиграфпрома при Госкомиздате СССР
г. Тула, проспект им. В. И. Ленина, 109


ИЗДАТЕЛЬСТВО «СВЯЗЬ»